



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Letras y Ciencias Humanas

Escuela Profesional de Conservación y Restauración

**Elaboración de jabón neutro a partir de saponina
extraída de la quinua para tratamiento de material
textil**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de Licenciada en Conservación y
Restauración**

AUTOR

Nóriko Raquel NISHIMURA PALOMINO

ASESOR

Víctor Raúl GÁLVEZ BARRERA

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Nishimura, N. (2020). *Elaboración de jabón neutro a partir de saponina extraída de la quinua para tratamiento de material textil*. Tesis para optar el título de Licenciada en Conservación y Restauración. Escuela Profesional de Conservación y Restauración, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	0000-0002-3220-2040
DNI o pasaporte del autor	72719076
Código ORCID del asesor	0000-0003-2138-4253
DNI o pasaporte del asesor	23823571
Grupo de investigación	_____
Agencia financiadora	_____
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Taller de Conservación y Restauración 12°03'30"S 77°05'00"O
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2017 - 2019
Disciplinas OCDE	Otras humanidades https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#6.05.01

ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

“Año de La Universalización de la Salud”

ACTA DE SUSTENTACIÓN CON TESIS

En la Facultad de Letras y Ciencias Humanas a los dieciocho días del mes de diciembre de dos mil veinte, siendo las 09:00 horas, con la Presidencia de la Dra. Mónica Solórzano Gonzales, los miembros del Jurado: la Mg. Pilar Antonieta Portocarrero Gallardo, la Lic. María Ysabel Medina Castro y su asesor, el Lic. Víctor Raúl Gálvez Barrera, se reunieron vía Google Meet, con la finalidad de escuchar la Sustentación de Tesis titulada: **“ELABORACIÓN DE JABÓN NEUTRO A PARTIR DE SAPONINA EXTRAÍDA DE LA QUINUA PARA TRATAMIENTO DE MATERIAL TEXTIL”**, que la bachiller **NÓRIKO RAQUEL NISHIMURA PALOMINO**, ha presentado a consideración de la Escuela, para obtener el Título Profesional de Licenciada en Conservación y Restauración.

Posteriormente, la Presidenta del Jurado invitó a la tesista a tomar la palabra. Concluida la exposición, se prosiguió con los comentarios y la rueda de preguntas formuladas por los miembros del jurado.

Terminada la sustentación se procedió a la calificación, resultando aprobada como **SOBRESALIENTE** con la calificación de **18 (DIECIOCHO)**.

La Presidenta manifestó que, habiéndose aprobado la sustentación, la Facultad de Letras y Ciencias Humanas recomienda a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos el otorgamiento del Título de Licenciada en Conservación y Restauración al bachiller **NÓRIKO RAQUEL NISHIMURA PALOMINO**.

Siendo las 10:30 horas concluyó el acto de sustentación, por lo cual los miembros del Jurado, dando fe de lo actuado, firman la presente Acta de Sustentación.



Firmado digitalmente por
SOLORZANO GONZALES Monica
FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.12.2020 10:23:45 -05:00

Dra. Mónica Solórzano Gonzales

Miembro / Presidenta

Mg. Pilar Antonieta Portocarrero Gallardo

Jurado Informante

Lic. María Ysabel Medina Castro

Jurado Informante

Lic. Víctor Raúl Gálvez Barrera

Asesor

DEDICATORIA

Esta investigación es reflejo del esfuerzo constante y el empuje que todos necesitamos de nuestro núcleo familiar, por ende, se la dedico a mi familia en su totalidad. A mi madre, por siempre haber creído en que no me había equivocado en elegir lo que soy ahora. Por siempre apostar por mi y decirme lo orgullosa que está en cada paso que ejecutaba. A mi padre, por velar de manera tácita las madrugadas interminables. A mi hermano, tíos y primos, por siempre darme ese impulso extra en cada jornada. A mis abuelos, que desde el Hanan Pacha me abrazan y guían. A mi asesor de tesis, Víctor Raúl Gálvez, quien confió y apostó plenamente en mi y en esta investigación ya que sin su constante seguimiento esto no podría haber culminado de manera satisfactoria. Gracias por todos esos fines de semana sumergidos en el laboratorio empeñados a obtener los resultados reflejados ahora.

Así mismo, este último párrafo se la dedico a Matías. Esto es solo el comienzo de todo lo que se puede lograr con esmero, dedicación y convicción. Eres parte de esta pirámide, un ladrillo más para el futuro próspero que nos espera y que forjamos diariamente con amor y paciencia. Permite que este sea un pequeño ejemplo de mi para tu persona en formación. Gracias por acompañarme en el laboratorio y el proceso, cuando era necesario y enseñarme lo que compete a la observación, el hambre por explorar, el cuestionarnos por cada detalle, la admiración y la gratitud.

INDICE

DEDICATORIA	2
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.1. Determinación del problema	8
1.2. Formulación del Problema	9
1.3. Justificación de la Investigación.	9
1.4. Objetivos de la Investigación.	10
1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
1.1. Marco teórico.....	12
1.2. Estado de la cuestión	19
CAPÍTULO III: LA QUINUA Y SU IMPORTANCIA EN EL PERÚ.....	22
1.1. Antecedentes	22
3.2. La quinua	23
3.2.1. Características generales de la quinua.....	23
3.2.2. Tipos de quinua en el Perú.....	26
3.2.3. Piso ecológico.....	27
3.4. Composición y estructura del grano	37
3.5. La versatilidad de la quinua.....	43
3.6. El uso de la quinua y su industrialización	44
CAPITULO IV: La saponina de la quinua (Chenopodium quinoa).....	49
4.1. La saponina.....	49
CAPITULO V: Método de campo	69
5.1. Limpieza	69
5.2. Desaponificación	73
5.2.1. Hidratación.....	73
Medición	87
CAPÍTULO VI: PRUEBA DE CAMPO	100
6.1. Material de prueba	100
Características generales	106
Estructura química de la fibra	109
Estructura física de la fibra.....	109

Características generales	112
Propiedades generales.....	114
6.2. Lavado de las fibras de oveja	116
6.2.1. Montaje.....	116
6.2.2. Lavado de las fibras	118
6.2.3. Resultados de lavado	126
6.3. Lavado de textil de algodón	131
6.3.1. Análisis previos.....	
Análisis organolépticos	
6.3.2. Lavado	143
CONCLUSIONES.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	152
ANEXO	155

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación comprende los procesos y la creación de una metodología para contemplar el estudio y experimentación sobre la saponina de quinua, y con este llegar a la realización de un jabón neutro para su aplicación en el lavado de textiles.

A manera de síntesis, en la primera parte de la investigación se ahonda sobre la importancia de la quinua en el mundo andino hasta la actualidad, así como el estudio de las saponinas llegando al ámbito industrial. Posteriormente desarrollamos el proceso de extracción y análisis de saponinas de los diferentes tipos de quinua usados a manera comparativa. De esta manera llegamos a un consenso sobre calidad y eficiencia en su aplicación como jabón logrando paralelamente su neutralización.

Con esta investigación se busca revalorizar la importancia de los granos andinos, de la misma forma, el estudio de nuevas alternativas naturales para la aplicación en el ámbito de la Conservación y la Restauración.

INTRODUCCIÓN

La quinua ha sido, desde la época prehispánica, uno de los granos andinos reconocidos por su importancia religiosa y nutricional. Sin embargo, con la llegada de los españoles se ve decreciendo de manera exponencial el cultivo de esta. Actualmente, nos vemos en la necesidad de optar por la revaloración de estos granos y no solo como alimento, sino también haciendo uso de los sustratos que podamos obtener de esta aprovechándola en su totalidad.

La saponina, presente en la quinua, nos muestra características y propiedades fungicidas, bactericidas, antiinflamatorias, entre otras; haciendo que su extracción y aprovechamiento se de a nivel industrial. Así como esta y otras especies son estudiadas para lograr productos sostenibles reemplazando de manera parcial o total a los productos sintéticos. En el ámbito de la Conservación y Restauración se hace uso de estos materiales industriales de los cuales no sabemos cuál será su reacción de aquí a unos 100 años, no aseguran una estabilidad permanente.

Esta investigación se encuentra dividida en 6 capítulos. En el primer capítulo, se realiza el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, así como también los objetivos a alcanzar.

El en segundo capítulo, establecemos el marco teórico sobre los temas pertinentes y previos a considerar para poder comprender la importancia de los elementos a estudiar. De la misma forma, desarrollamos el estado de la cuestión donde se conoce la posición de otros investigadores con respecto al tema presente.

En el tercer capítulo, abordamos los antecedentes de la quinua, su importancia a lo largo del tiempo hasta la actualidad. Del mismo modo, hacemos hincapié en las características y propiedades de la quinua y su planta, su desarrollo en los diferentes pisos ecológicos y los tipos de quinua que existen a lo largo de la cordillera de los Andes.

En el cuarto capítulo, hacemos un breve estudio de la saponina, elemento clave en esta investigación. Las características que presenta, propiedades y su aplicación. En este capítulo, resaltamos la importancia de la saponina, especialmente de la quinua para su uso como tal.

En el quinto capítulo, desarrollamos la metodología pertinente para la extracción de la saponina de quinua, así como su almacenamiento. Realizamos análisis cuantitativos y cualitativos que nos ayudarán a establecer la concentración y calidad de la saponina según la especie de quinua.

En el sexto capítulo, hacemos un estudio preliminar sobre los tipos de fibras que se someterán al lavado con la saponina. Realizamos un análisis organoléptico antes y después del proceso de lavado para poder determinar la eficacia del jabón neutro.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

La quinua ha sido desde la época prehispánica un cereal cuyas propiedades ayudan a establecer una alimentación completa. En la agricultura, la saponina de esta semilla se ha venido usando como fungicida y biocida debido a las propiedades que presenta la saponina interpretándose como un glucósido de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus características semejantes a las del jabón.

En el mundo de la restauración existen diferentes tipos de jabones usados y experimentados en distintos soportes en especial el orgánico. Gracias a la industrialización y los avances tecnológicos se ha visto la proliferación de estos jabones a base de productos sintéticos los cuales son difícil de establecer su reacción y comportamiento a largo tiempo. Sin embargo, la saponina derivada específicamente de la quinua, se ha usado en estos últimos años para la elaboración de champú y lava vajillas creando un impacto positivo y acorde a las necesidades del hombre.

Esta investigación propone la elaboración de un jabón natural a base de saponina de quinua. No obstante, durante el proceso de industrialización se desperdician miles de litros de agua con saponina generando contaminación ambiental, ya que se bifurca en las canales de irrigación y riachuelos aledaños. Actualmente, en el Perú existen proyectos para su procesamiento en el uso como lavaza.

Aún no existen jabones que cumplan con los estándares que requiere el soporte textil para su lavado eficiente, sobre todo que sea

natural y orgánico sin que dejen residuos que puedan causar problemas a futuro como manchas en la superficie del soporte, oxidación de la misma o proliferación de hongos y carcoma por insectos. Por dicha razón, además de las expuestas al principio de este texto, la limpieza de textiles aplicando productos en base de un material orgánico y abundante del cual nos identificamos por ser propio de nuestros andes y lleno de historia, se verá abordada en esta tesis.

1.2. Formulación del Problema

¿El uso de la saponina como jabón es una alternativa viable y adecuada en cuanto a su aplicación en fibras textil?

Uno de los aspectos fundamentales del campo de la conservación en textiles está referido a la limpieza de impurezas que presenta estos bienes patrimoniales que se acumulan a través del tiempo como el polvo, el cebo producido por las glándulas sebáceas, entre otros componentes que están presentes, pero son imperceptibles. Es la parte más difícil de limpieza, para ello es necesario el uso de jabones, que por lo general son industriales. Este uso tradicional deja componentes químicos derivados de la industria, que a la postre afectan el patrimonio. En este caso, mi propuesta está fundamentada en sustituir el uso de estos jabones por el uso de saponina extraída de la quinua como alternativa loable para el lavado de textiles.

1.3. Justificación de la Investigación.

En esta investigación se busca un jabón natural a base de saponina de quinua obtenida del grano andino para su aplicación en material textil. Así, proponemos una opción sostenible y orgánica, sobre todo asequible para su uso pertinente; a su vez se propone a otros investigadores puedan contribuir a su aplicación en distintos soportes propagando la importancia de productos andinos vistos ya bajo la influencia de nuestros antepasados.

Esta investigación se sustenta en el análisis de los materiales a los cuales se les ha aplicado el producto o jabón para determinar su reacción ante diferentes factores como oscilaciones en la temperatura y la humedad. De esta manera, se obtienen resultados cuantitativos y cualitativos los cuales ayudarán a analizar el producto, así como las ventajas o desventajas que se puedan estipular.

Por consiguiente, propongo el uso de materiales naturales como alternativa sostenible para su uso en las prácticas dentro de las áreas de Conservación y Restauración del patrimonio cultural. Con esto no pretendo eliminar el uso de los materiales sintéticos o industriales, por el contrario, dar a conocer diferentes alternativas en nuestro campo ya que el criterio dependerá del profesional y de su juicio como tal.

1.4. Objetivos de la Investigación.

1.4.1. Objetivo general

Determinar si es una alternativa idónea el uso de la saponina de la quinua como jabón en cuanto al lavado de la fibra textil durante los procesos de conservación y restauración según sea necesario.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Lograr la extracción de la saponina mediante un método adecuado el cual nos permita aprovechar al 100% del total
- b) Lograr la neutralización de la saponina para el desarrollo del jabón
- c) Analizar la eficiencia de la saponina a través del testeo de materiales orgánicos como las fibras textiles.
- d) Evaluar la aplicación para el lavado de fibra textil.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

1.1. Marco teórico

Desde la antigüedad el hombre ha tratado de retirar las impurezas de los artículos de uso cotidiano que él manipulaba. Tal es así que a través del tiempo ha desarrollado una serie de productos que contenían saponina obtenidos dentro de su entorno natural. Las diferentes regiones y pisos ecológicos otorgan al poblador local, productos naturales como hojas, tallos, raíces, semillas, etc. presentando diferentes niveles de saponina. Dicho subproducto fue aprovechado para lavar trastos de uso diario, textiles, entre otros enseres del cual el poblador hacía uso para prevenir enfermedades y mantener cierto nivel de limpieza.

En este caso, en nuestra región andina, dentro de sus diversos pisos ecológicos, se usan recursos naturales para el lavado como el chocho, la sachasactana, la corteza del quillay, la quinua, entre otros. El uso de este jabón natural se ha perdido en el tiempo, sustituido por productos industriales por ser más fáciles de conseguir. Por ello, cuando se trata de patrimonio cultural, se debe de tener el máximo cuidado requerido para tal fin, motivo por el cual ha incidido en el estudio de productos naturales que contengan saponina; la quinua es un caso loable, ya que es un producto que se desarrolla en todos los pisos ecológicos, incluso en zonas extremas y es muy consumido por la población en general, por su alto poder nutricional.

Debido a todo ello, el poblador ha optado por opciones mucho más naturales por ser inocuas, orgánicas y, para beneficio de muchos no

nocivos para la salud. Por dicha razón, se sigue buscando opciones que reemplacen aquellos elementos peligrosos y contaminantes, de manera que el uso de la saponina de la quinua ha sido uno de los mejores ejemplos como emulsión que, por el contrario, las emulsiones químicas provocan un creciente impacto ambiental elevando la alcalinidad de las aguas.

Por otro lado, la saponina de la quinua ha sido usada en la producción de cosméticos como labiales bajo diferentes procesos de producción de espuma (Gunsha, 2013). Ha sido muy bien recibida la realización de lavalozas a base también de saponina, pero del árbol de Quillay. Se hizo una investigación en la Universidad de Pamplona (Colombia) donde se propone la realización de un lavalozas tratando de no perder su condición natural en forma de extracto purificado. Se hace comparaciones con distintos lavalozas para poder determinar su rendimiento obteniendo dieciséis platos lavados con este producto a base de la extracción de la saponina de este árbol (Silva, 2004). Así como en la anterior investigación señalada, ambas buscan crear una solución a miras de la contaminación ambiental y el gran impacto que ocasionan los nuevos productos de limpieza a pesar de su eficiencia.

Mientras ahondamos en el tema de la saponina, en especial de la quinua, nos vamos dando cuenta que es muy atractivo a nivel sudamericano y de especial investigación en jabones como opción paralela a los industriales. Sin embargo, en Ecuador se apostó por la realización de un champú usando la saponina para la elaboración de este tipo de productos como tensoactivos para mejorar su apariencia. Este último

trabajo mencionado tiene como finalidad la optimización de un método para la extracción de las saponinas en el lavado de la quinua y evaluar su capacidad como tensoactivo en la elaboración de champú (Trujillo y Valencia, 2015).

El uso de productos industriales se populariza después de la Segunda Guerra Mundial, la petroquímica es un factor importante para tal fin, de ello se derivan muchos productos incluido los detergentes que son usados para limpieza, luego se procesan una serie de aditivos para los jabones otorgándoles ciertas propiedades para su uso en tratamiento de patrimonio y otros.

Hoy en día en el mundo de la conservación y la restauración el uso de estos materiales es muy común, aunque también polémico por el mismo hecho que no sabemos cómo es que reaccionarán a lo largo del tiempo. Además, su condición plástica y muchas veces rígida hace que lleguen a desgastarse, así como inhiben la dilatación y contracción natural que tienen aquellos materiales obtenidos de plantas o animales. Uno de los materiales más populares de la industria de lo sintético es la cola. Es en el s. XX donde la industria de los polímeros comienza a trabajar de manera sistemática, por ejemplo, en 1909 Leo Hendrik Baekeland patentó la resina fenólica, comenzando la era industrial de los plásticos y adhesivos; para 1967 se desarrollan los primeros adhesivos resistentes a altas temperaturas (300 °C). Paralelamente los plásticos como el celofán y las resinas comienzan a protagonizar convirtiéndose en herramientas cotidianas con un crecimiento directamente proporcional a la población.

De igual manera, en el ámbito del jabón o detergente de limpieza se ha creado una serie de productos que presentan determinadas características. Estos productos se clasifican en aniónicos, catiónicos, no aniónico y anfóteros, según el carácter del extremo hidrófilo de la molécula a la cual someterán, que a la postre dejan un residuo químico en el bien pudiendo acelerar el proceso de degradación.

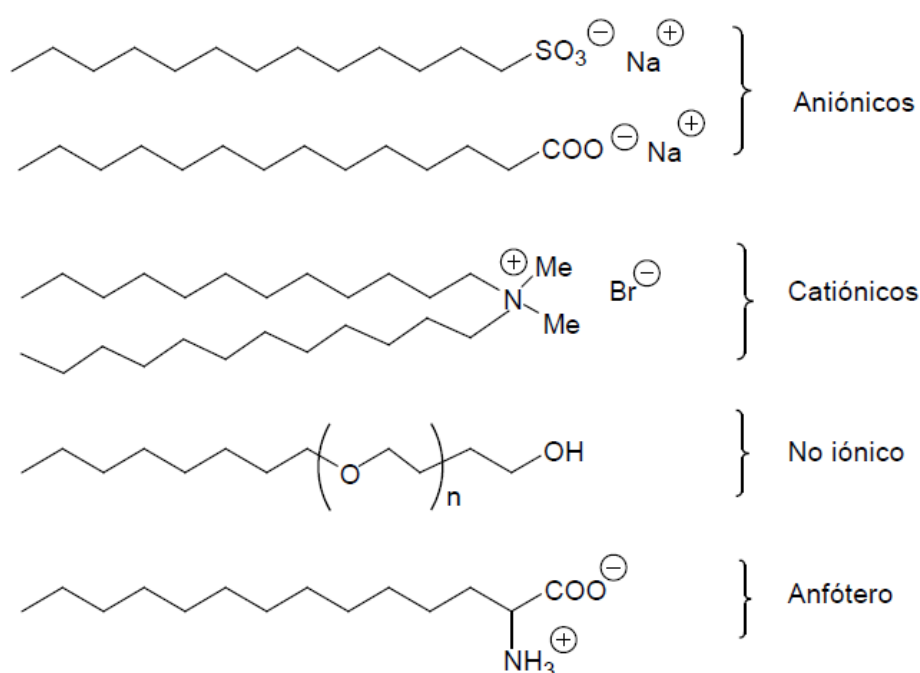


Ilustración 1. Ejemplo de moléculas tensoactivas. Se presenta su carácter aniónico, catiónico, no aniónico y anfótero.

La característica general de estos productos es la presencia de moléculas anfifílicas, quiere decir que posee una doble afinidad por la parte polar y no polar de otra molécula, por lo tanto, se puede establecer como una propiedad antagónica en un mismo solvente (Sanz, s.f.). Todos los tipos de tensoactivos presentan una estructura molecular la cual se divide en dos, una de estas partes se identifica el grupo polar con heteroátomos

los cuales tienen una afinidad por los disolventes polares como el agua, por lo tanto, es la parte hidrófila o hidrofílica. La otra parte se identifica como el grupo poco polar o hidrocarbonado los cuales pueden contener átomos de halógeno y oxígeno, por lo tanto, son la parte hidrófoba o hidrofóbica, además de lipofílica. En conclusión, las moléculas anfifílicas tienen la propiedad de solubilizar moléculas polares y no polares autoagregándose espontáneamente adoptando diversas formas como consecuencia a la débil interacción entre moléculas (Sanz, 2009).

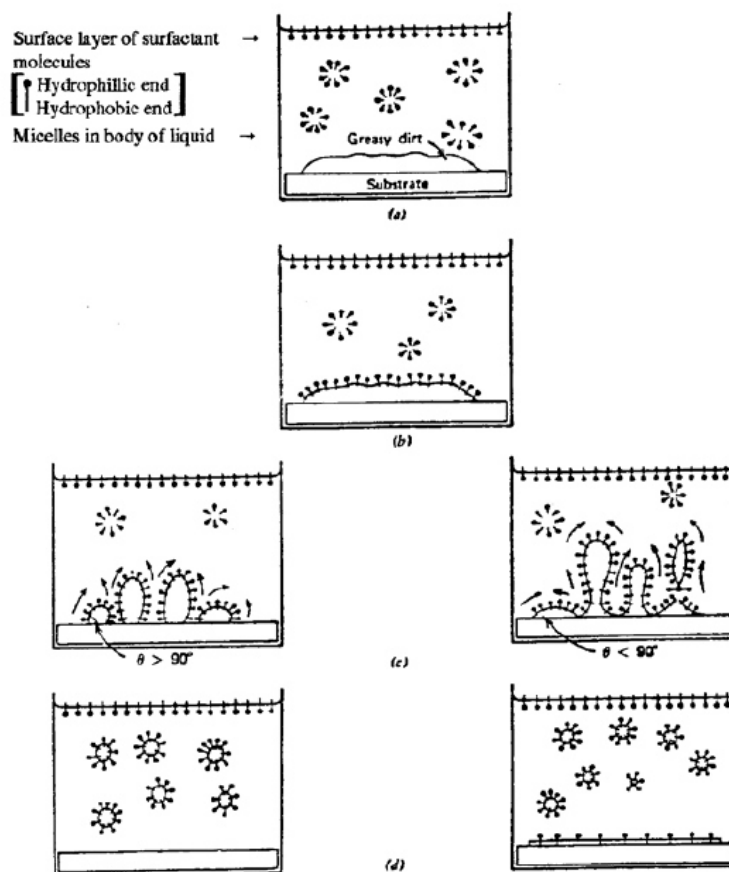


Ilustración 2 Se presenta las etapas de interacción entre un tensoactivo y la materia: a) Suciedad y grasa entra en contacto con la solución de tensoactivo; b) Los extremos hidrofóbicos de las moléculas de tensoactivo se disuelven en la grasa; c) El tensoactivo modifica el ángulo de contacto θ entre la suciedad y el sustrato. Si ($\theta < 90^\circ$) es imposible que haya una eliminación total de la grasa; d) Mientras más se agite, más se desplaza la suciedad en forma de partículas macroscópicas, a su vez se forma una emulsión. Fuente: Sanz, (2009) España. La industria de los agentes tensoactivos. Recuperado <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-10.php>

La limpieza de un soporte tan delicado como el papel debe de hacerse con sumo cuidado y teniendo en cuenta sobre todo la naturaleza de este, ya que hoy en día conocemos una variedad extensa de este. La intervención de este material se remonta al siglo XIX donde los documentos de la década anterior se veían afectadas por distintos aspectos meteorológicos o hasta antropológico como es el caso de los incendios. Con el paso del tiempo, las técnicas se han visto perfeccionadas y con la aparición de los materiales sintéticos, mucho más. Para poder determinar los materiales que se usarán se debe tener en cuenta que la calidad del papel ha variado a lo largo del tiempo pudiendo expresar que los realizados en siglos anteriores al XX tienen una mejor resistencia a las inclemencias del tiempo, los rayos UV, los IR, la HR y hasta a los hongos y xilófagos; sin embargo, los periódicos o diarios que tenemos a la mano no resisten más de dos días a la luz del sol sin que cambien de color o se tornen quebradizos. Los materiales más comunes para la limpieza del papel se resuelven en el tetraborato de boro, mejor conocido como bórax, cristal blanco que se disuelve con facilidad en el agua. Su uso es principalmente como jabón, desinfectante y pesticida limitando su uso a un 2% por litro de agua. Podemos mencionar también a los disolventes, uno de los más usados en el Barro (agua y amoníaco), el amoníaco es producido naturalmente en el suelo por bacterias, por plantas y animales en descomposición y por desechos animales, sin embargo, los laboratorios han podido recrearla de manera sintética. La celulosa también suele blanquearse y es muy común el uso del dióxido de cloro.

Así como el papel, el textil es una pieza orgánica realizada comúnmente de algodón, pelos de animal o lana (actualmente también se llevan a cabo textiles a base de fibras sintéticas como el nailon). Se realizan desde las primeras culturas de la humanidad ya que principalmente cumplían su función de protegernos ante climas austeros, pero con el paso del tiempo y la evolución en su manufactura hubo cambios importantes no solo en cuanto estructura sino también en cuanto al uso. Hoy en día vemos lienzos, tapices, vestimentas, accesorios, etc. que nos permiten conocer la magnificencia del arte de crear piezas como esas. Como material orgánico, su limpieza debe ser cautelosa, además sabemos que este proceso no es reversible. Para hablar del lavado podemos remontarnos a épocas tempranas en donde el uso de materiales naturales era sumamente común y eficiente. Estos jabones han evolucionado llegando a los que ahora conocemos de forma granulada y que fácilmente se disuelven en el agua, pero que tienen un efecto residual muy grande, así como impacto en la naturaleza. Actualmente, podemos mencionar algunos jabones usados en el lavado como el teepol la cual es una mezcla de tensoactivos en disolución de color amarillo y que puede provocar quemaduras al contacto con la piel de manera concentrada.

Aún no se han visto reacciones adversas en ninguno de ambos casos hasta el momento, por lo cual pueden usarse sin reparo. Se debe aun así monitorear estos elementos intervenidos por materiales industriales para así determinar si existe o no un efecto residual y de qué grado.

Para ello, se propone el uso de un jabón natural que previamente será estabilizado para el lavado de textiles, libre de componentes químicos que puedan afectar el bien patrimonial, es decir, se usará los componentes orgánicos derivados de la quinua y un estabilizador con las mismas características.

1.2. Estado de la cuestión

El uso de las plantas para el provecho humano ha sido desde siempre nuestro primer recurso, satisfaciendo ampliamente nuestras necesidades tanto alimenticias como complementarias. César Villela (2005, p.41.) sostiene que las plantas son fuente inagotable de complejos químicos y sustancias activas las cuales han originado constantes investigaciones sobre sus propiedades logrando acaparar la industria farmacéutica–medicinal. En su tesis referida al tamizaje fotoquímico del fruto del árbol de la *sapindus saponaria* (jaboncillo), destaca las propiedades antifúngicas, antibacteriana y desinflamante de este fruto, cumpliendo funciones similares a la saponina de la quinua. Dicho sea de paso, extiende la necesidad de la investigación de este tipo de metabolitos secundarios siendo recursos disponibles al alcance de nuestras manos.

Candela Fontana (s.f.) en su artículo sobre *Las saponinas y la botánica*, nos comenta que existen dos tipos principales de saponinas, las triterpénicas y las esteroídicas, buscadas no solo por sus propiedades físico–químicas sino también porque pueden ser usadas como fuente primordial de productor esteroídicos de nivel industrial (p.3.) De esta manera, nos explica la probabilidad de que la saponina presente en las en las plantas más jóvenes,

superiores o evolucionadas sea esteroídica, mientras tanto cuando el grupo botánico es de menor rango, las saponinas son de tipo triterpenoides. Aun así, esto no afecta en cuanto la concentración de la saponina en la planta, apuntando su distribución paulatina en todas las partes que la constituyan. Con el paso del tiempo, su clasificación ha hecho de que su eficiencia a nivel industrial sea garantizada.

En la Universidad Nacional Autónoma de México (2011), se realizó una investigación sobre cómo lavar sin contaminar el agua. En dicho artículo se menciona el uso de jabones naturales llamados saponina mucho antes de la industrial del jabón propiamente dicho en el siglo actual. Mencionan el uso del amole en México, llamado así como sinónimo a las plantas que contuvieran saponina, utilizando tanto raíz como el follaje. Actualmente, su uso se ha extendido no, solo por la propiedad de producir espuma, sino también, por su carácter conservador, ya que tiene la facultad de ser un jabón neutro y degradable (p.6.)

La saponina de la quinua ha cumplido un rol fundamental para la historia del Perú antiguo. A medida que se han suscitado los cambios climáticos en el mundo, también la calidad y variedad de especies de quinua en la cordillera de los Andes. En el informe técnico *“Descripción de las saponinas en quinua (Chenopodium quinoa willd) en relación con el suelo y el clima: Una revisión”* (2018) se busca determinar las características que diferencian un tipo de quinua con respecto a otras, traducida no solo en sus características físicas, sino también a nivel de saponina. Por tal motivo, se infiere que no todos los tipos de quinua tendrán el mismo resultado bajo un

mismo procedimiento. Por la temperatura, humedad, condición climática y a nivel del suelo en la que crecen; cambiará el porcentaje de ciertos parámetros que la harán idónea para productos específicos. Es por esto que se realizan ensayos en torno a los productos que se quieran obtener. La calidad de la saponina variará teniendo en cuenta los factores a los que se somete durante el crecimiento de la planta de la quinua (p.3-6.).

CAPÍTULO III: LA QUINUA Y SU IMPORTANCIA EN EL PERÚ

1.1. Antecedentes

La quinua es uno de los granos con mayor carga nutricional en el mundo, de tal modo que ha llegado a ser una de las primeras alternativas de solución contra la desnutrición a nivel global. Este grano crece en la cordillera de los Andes y es cosechado y cultivado desde tiempos inmemorables. En tiempos prehispánicos, formaba parte de grandes hectáreas de cultivo y era la base nutricional junto a los tubérculos.

El altiplano peruano-boliviano es el lugar de origen del crecimiento de la quinua. El antecedente silvestre de la quinua actual data de hace 5000 años. Se despliega geográficamente desde Colombia hasta Tucumán en Argentina y algunas islas en Chile (Chiloé, por ejemplo). No solo se conoce en la cordillera andina, también fue cultivada por las culturas Azteca y Maya en los valles de México (Huauzontle) (Mujica, 2015, pág. 15). Se ha evidenciado su consumo debido a que ha sido representada en la iconografía de la cerámica Wari. Los colores, tamaños y formas se resuelven en la lucha constante por su domesticación y desarrollo en diferentes partes del Perú logrando resultados maravillosos, llenos de historia y poder. Durante el incanato, la importancia de la quinua fue incrementándose, reflejado en el nombre entonces dado: “chisiya mama” que quiere decir “grano madre”, demostrando su gran adaptación, pasando por climas gélidos hasta los secos, tropicales y otros. Además, pueden crecer en suelos con una alta concentración de sales, logrando así genotipos distintos (Mujica, 2015).

cerámica

La llegada de los españoles no solo tiene un gran impacto en el



aspecto político-social, sino también en el ámbito de la agricultura y ganadería tomando riendas en la manera en la que se alimentarían. En consecuencia, la quinua

comienza a ser tema de importancia para los cronistas de la época. Personajes como Cieza de León o el Inca Garcilaso de la Vega, describen tanto a la planta como a su semilla, el modo de empleo y las costumbres que tenían los hombres del Perú alrededor de estas. Sin embargo, los españoles comienzan a suprimir el uso de la quinua a partir de que se reconoce el uso de esta para rituales mágico-religiosos, las cuales “podrían atribuir fuerzas extraordinarias a los indios y poner en peligro la conquista” (Mujica, 2015). Se reemplaza la siembra de quinua por cereales como la cebada, el trigo, la avena, habas y arvejas reduciéndose críticamente el área cultivada por los antiguos peruanos (Gómez & Aguilar, 2016).

Ilustración

3.2. La quinua

3.2.1. Características generales de la quinua

La quinua es un pseudocereal o falso cereal, determinado así ya que no cuenta con las características que definen a un cereal propiamente dicho

como el trigo, la cebada o el maíz. Las plantas de los cereales tienen características propias como las hojas delgadas, puntiagudas y forman fluorescencias llamadas espigas donde se localizan los granos.

La quinua se conoce desde hace 5000 a 7000 años por las culturas prehispánicas y los incas. Cultivada a lo largo de la cordillera de los Andes, nuestros antepasados la consideraban como un grano sumamente importante, debido a esto tomaba protagonismo en rituales y ceremonias importantes (Pulgar y Vidal). Los cultivos se han podido desarrollar hasta los 4000 m.s.n.m. dando lugar a nueve genotipos, los cuales se ramifican en diferentes especies efectuando colores, tamaños y texturas a lo largo de la cordillera de los Andes tomando más de 20 nombres diferentes siendo más conocida como arrocillo o trigo inca.

A pesar de crecer en zonas muy ácidas o básicas, bajo temperaturas que llegan a alcanzar los menos 0°C, su tamaño fluctúa entre los 1,20 m hasta los 1,50 m. llegando a cultivarse hasta 150 Kg. por hectárea. Si bien es cierto, la llegada de nuevos cultivos ralentizó el apogeo de la quinua, actualmente se reconoce su importancia nutricional aportando de 12 a 18% de grasas y elementos minerales. Es así como se erradica la desnutrición por el alto costo que tienen las carnes, el huevo o la leche siendo prácticamente inaccesibles.

POSICIÓN TAXONÓMICA DE LA QUINUA	
Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Clase	Dicotiledoneas
Sub clase:	Angiospermas
Orden:	Centrospermales
Familia:	Chenopodiaceae
Género:	<i>Chenopodium</i>
Sección:	Chenopodia
Subsección:	Cellulata
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> <i>Willdenow</i>

Tabla 1 A continuación se presenta una lista de variedades comerciales de quinua en el Perú. FAO, 2013

Hoy en día la quinua tiene un lugar muy importante a nivel mundial ya que, su exportación ha alcanzado gran demanda. Los tres países andinos; Bolivia, Perú y Ecuador; participaron con el 84,2 % del mercado de exportación mundial (Furche, Salcedo, Krivonos, Rabczuk, Jara, Fernandez, y Correa, 2014). Existen proyectos que buscan abarcar la gran mayoría de las propiedades que presenta la quinua para concentrarlas en una sola especie y poder germinarlas en diferentes partes del mundo. Todo esto es reflejo del poder y el gran valor de este grano, propio de nuestros Andes.

3.2.2. Tipos de quinua en el Perú

El Perú es uno de los países con mayor producción de quinua por la gran demanda que se produce tanto a nivel nacional como internacional. Como hemos descubierto a través del tiempo, las formas y tamaños han ido cambiando e incrementando sin perder su función principal, ser un alimento ancestral por excelencia. El nombre difiere de acuerdo a la zona en la cual se cultiva llegando a tener múltiples denominaciones. De este modo, se identifican alrededor de ochenta tipos de quinuas diferentes solo en el altiplano peruano-boliviano (Tarqui, 2011).

Nombre de la variedad	Efusión de saponina	Color de Pericarpio	Color de episperma	Tamaño de grano	Zonas de producción
INIA 431 - Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Costa
INIA 427 - Amarilla Sacaca	Mucha	Amarillo	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 420 - Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
INIA 415 - Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano	Altiplano, Valles interandinos, Costa
Illpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Valles Interandinos, Costa
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Amarilla Marangani	Mucha	Anaranjada	Blanco	Grande	Valles Interandinos
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño	Altiplano
Blanca de Junín	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos, Costa
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Huacariz	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano	Valles Interandinos
Kankolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Rosada Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Rosada de Yanamando	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos

Tabla 2 En la presente tabla se observa la variedad de quinua en el Perú. Fuente: Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. FAO, 2013

Su clasificación se deriva por los caracteres diferenciales como la adaptación al clima, lo suelos en los que crece, el tamaño que alcanzan, la calidad del grano y la morfología en el momento de la inflorescencia. Existen estudios preliminares desde los años 80 donde se van encontrando y clasificando los tipos o razas de quinua. Como antecedente se puede referir al Dr. Fortunato Herrera (1875 – 1943); miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de la correspondiente a la Academia de Historia y Geografía de Chile; quien realizó estudios sobre la flora del departamento de Cuzco (1930). Seguidamente se encontró referencias del Dr. Martin Cárdenas proveniente de Cochabamba, Bolivia (1890 - 1973), cuya labor como botánico lo condujo a averiguar más sobre la flora adyacente al altiplano peruano-boliviano. Y, por último, el Dr. Cesar Vargas también de Cuzco, Perú (1905 - 2002) de las cuales 143 nuevas especies encontradas se nombraron a su nombre.

3.2.3. Piso ecológico

La mayor variación de cultivos se haya en el altiplano peruano-boliviano, por lo tanto, se puede afirmar que es el lugar donde se domesticó la quinua por primera vez.

El cultivo de quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, puede crecer en humedades relativas desde 40% hasta 88% y soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C (Bojanic, 2011), además de poder alcanzas grandes extensiones de cultivo a los 4.000 m.s.n.m.

Esta propiedad, de poder crecer en zonas con diferente margen altitudinal y latitudinal, garantiza la gran variabilidad genética según el ambiente en donde se desarrolle (Gonzales & Prado, 2013) resaltando que en los países andinos se encuentra la mayor carga biológica a nivel mundial.

Como habíamos visto en la primera parte de esta investigación, los tipos de quinua que podemos encontrar están básicamente relacionados al piso ecológico en el que se desarrollan, por ende, se ha establecido su clasificación en cinco ecotipos¹.

Ilustración 6 La planta de la quinua y los diferentes colores y tamaños encontrados en una misma zona de Puno. Fuente: FAO

Las distintas variedades de quinua se identifican por las zonas agroecológicas de producción, el tipo y coloración de la panoja², la forma y borde de la hoja, textura y forma del grano, su coloración y el contenido de saponina que contienen (Tapoa, Canahua, & Severo, 2014). Se han llegado a clasificar en 5 ecotipos de quinua gracias a los estudios de Tapia (2014, pág. 69):

¹ Muchos autores clasifican a la quinua según la región y las condiciones en las que crecen. A lo largo del altiplano se han podido identificar cinco ecosistemas diferentes de los que se mencionan en la tesis presente. Los datos fueron extraídos de un artículo escrito por Juvenal M. León quien trata el manejo del cultivo de la quinua.

León, J. "Cultivo de la Quinua en Puno-Perú" *Ciencias Agrarias UNA Puno* (2003): 4.4 noviembre 2019.

² Véase el capítulo IV sobre Fenología de la guía de cultivo de la quinua realizada por la Universidad Nacional Agraria la Molina, 2016.

a. Quinuas al nivel del mar:

Por lo general son pequeñas alcanzando solo un máximo de 100 cm. aunque algunas fuentes determinan que pueden llegar a medir hasta 1.4 m. Las podemos encontrar al sur de Chile como plantas ramificadas y con granos pequeños de color blanco o anaranjado.

b. Quinua de los valles:

Su crecimiento se da en los valles interandinos de 2000 a 3600 m.s.n.m. (Leon, 2003). Son las que llegan a tener grandes medidas en cuanto altura a comparación con las que crecen en los demás ecotipos, de 2 a 2.5 m. Se caracterizan por ser ramificadas con inflorescencia (panojas laxas o intermedias). Bajo estas condiciones crecen la quinua blanca y rosada de Junín, así como la quinua amarilla de Marangani. Se encuentran en los países de Colombia y Argentina.

c. Quinuas altiplánicas:

Crece alrededor del Lago Titicaca en donde la altura alcanza los 3800 – 4000 m.s.n.m. Soportan temporadas de grandes heladas, en consecuencia, no son muy altas alcanzando de 1.00 a 2.00 m., además de no ser muy ramificadas. Es en esta zona donde encontramos mayor variabilidad de quinua tanto tradicionales como comerciales. Se caracterizan por tener una planta sin ramificar con una panoja terminal compacta. Se encuentra en los países de Bolivia y Perú.

Según la *Guía de cultivo de la quinua* (2016) realizada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, en esta zona altiplánica también se considera un subgrupo:

Sub Grupo sin pigmentación o denominadas blancas: sembradas alrededor del Lago Titicaca, son plantas verdes, con semillas blancas, menor tolerancia a las heladas y buen potencial de rendimiento.

Sub Grupo witullas, wilas, wariponchos, sembradas a distancia intermedia del lago a altitud en zona suni (3,500 – 4000 m.s.n.m.), se caracterizan por su tolerancia a las heladas y a variaciones muy contrastantes de temperatura entre el día y la noche.

Sub Grupo kcoitos: sembradas a distancias más lejanas al lago y en zona puna (más de 4000 m.s.n.m.), son quinuas con apariencia muy similar a las quinuas silvestres o ajaras con semillas duras de color gris y muy tolerantes a las extremas condiciones ambientales.

d. Quinuas de los salares:

Son aquellas que resisten altos niveles de pH como las que encontramos en las salineras de Bolivia, zonas desérticas con cerca de 300 mm precipitación. Pueden llegar a medir hasta 1.5 m. Son amargos, pero con un alto nivel proteico. Sus granos son grandes llegando a tener 2.2 mm de diámetro, además tienen un alto contenido de saponina. Se encuentra en el país de Bolivia.

e. Quinuas sub-tropicales:

Su crecimiento se da en los valles interandinos de Bolivia, zonas cerca a los 1500 a 2000 m.s.n.m. presentando un color intenso en el grano entre amarillo y anaranjado. Son plantas ramificadas llegando a tener una altura de hasta 2.20 m. Se encuentra en el país de Bolivia.

En el Perú podemos encontrar alrededor de 24 especies, la forma de clasificarlas de manera fácil a nivel comercial es según los colores que presentan. La quinua blanca es la más conocida industrialmente debida a su versatilidad, además de ser dulce y suave al cocinarla. Los nombres más frecuentes para este color son el Choclito, Blanca de Juli, Kancolla y Cheweca, y son diferenciadas por el sabor dulce o amargo que puedan tener. Las quinuas rojas tienen un alto contenido de pigmento, por lo que es importante lavarla varias veces para que así la saponina se desprenda de manera casi total. Dentro de la quinua roja tenemos a la Witulla y la Misa quinua. Otro tipo de quinua conocida es la negra, la cual mantiene una epidermis mucho más estable y compacta; esta es muy utilizada en la gastronomía y la industria láctea por su vistosidad, así como por sus propiedades digestivas. Por la variabilidad genética y el piso ecológico en el que se distribuyen, se ha logrado identificar otros colores como la quinua chullpi, amarillas y púrpura (Tapoa, Canahua, & Severo, 2014). En consecuencia, se pueden clasificar de manera simplificada en dos variedades: las dulces y las amargas. Las primeras, como su nombre lo indica, no presentan alto porcentaje de saponina haciéndola mucho más agradable, por el contrario, las amargas tienen una cantidad mucho más elevada de saponina.

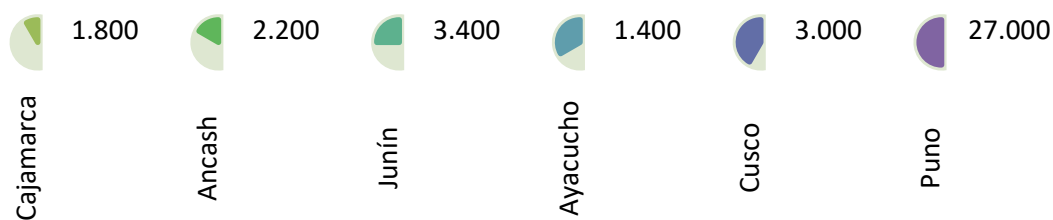


Ilustración 7 Gráfico de las áreas cultivadas según región. Fuente: Ministerio de Agricultura

Es gracias a la gran labor que cumplen lo más de 70 mil agricultores que aún persiste la gran gama de tipos de quinua en nuestro país, lo que demuestra que es necesario preservar el conocimiento ancestral sobre el uso y propiedades que contiene este grano.

Ecotipo	Altitud	Tamaño	Características
Quinuas de los valles	2000 - 3000 m.s.n.m	2.00 - 2.50 m.	Ramificadas con inflorescencias o panojas laxas a intermedias
Quinuas altiplánicas	3800 m.s.n.m	1.00 - 2.00 m.	No son muy ramificadas o de tallo simple Zona con mayor variabilidad de la quinua
Quinuas de los salares		1.50 m.	Resisten altos niveles de pH. Amargas Alto nivel protéico Tamaño grande de sus granos mayores a 2.2 mm de diámetro Alto contenido de saponina
Quinuas al nivel del mar	0 m.s.n.m	100 cm.	Son plantas más o menos vigorosas Ramificadas Granos pequeños de color blanco o anaranjado
Quinuas subtropicalaes	1500 - 2000 m.s.n.m	2.20 m.	Color intenso en el grano entre amarillo y anaranjado

Tabla 3 Características de la quinua según su ecotipo. Fuente: Propia

3.3. Producción y cosecha

El cultivo de quinua se viene practicando desde culturas anteriores a la época colonial. La mayor variación de cultivos se haya en el altiplano peruano-boliviano, podría decirse que es en esta zona donde se domesticó por primera vez (Gonzales & Prado, 2013). Se ha llegado a cultivar en otras partes del mundo mediante riego debido a su gran potencial adaptativo obteniendo una gran respuesta en tierras consideradas marginales, otras con alto contenido de sal e incluso en zonas donde las precipitaciones son sumamente bajas. (Gonzales & Prado, 2013)

La *Chenopodium quinoa* se cosecha anualmente, por este motivo se debe tener en cuenta el cronograma establecido para su cultivo. las temporadas que debemos considerar son dos, las secas que oscilan entre el mes de abril y noviembre, así como la temporada húmeda que corresponde a los meses entre diciembre y marzo la cual coincide con la época de cultivos (Soto, Valdivia, Cuadros, & Bravo, 2012). El trabajo correspondiente al tratamiento de la tierra está determinado por un proceso rotativo, en este caso nos referimos al sembrado de papa y el forraje la cual se realiza con anterioridad a la plantación de los granos de quinua, ya que, servirán para la preparación del suelo. En otras partes como en los Valles Interandinos se siembra en conjunto con el maíz y leguminosas (Bojanic, 2011), ya que, la quinua necesita de los nutrientes aplicados a estos cultivos. Por otro lado, la planta tiende a preferir suelos arenosos o arcillosos que manejen un buen drenaje y profundidad promedio, a pesar de ello se adapta bien a distintos tipos de suelos con pH de 6.5 a 8.5. En cuanto a las precipitaciones como ya se había señalado con anterioridad, las condiciones austeras con caídas de 300 – 500 mm es óptima para la planta llegando a un máximo de 600 – 800 mm para su resistencia (Leon, 2003).

La preparación de los suelos también conlleva a reservar zonas de descanso después de haber realizado de dos a tres campañas de cosecha. Se aplica la técnica del barbecho o *dry farming* la cual consiste en reservar el agua de las precipitaciones en los suelos y así garantizar la germinación de la semilla. Este tratamiento también ayudará al proceso de

descomposición de la materia orgánica de desecho como las hojas, el tallo, etc. A todo esto, se le suma la roturación la cual consiste en el arado de la tierra, la nivelación y el surcado a una distancia entre 35 a 40 metros de surco a surco. Se debe estar atento a la germinación de la maleza para que sea retirada para luego verter el fertilizante (Leon, 2003).



Ilustración 8 .Andina (2014). Cosecha de la quinua por método manual. [Fotografía]. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/fomentaran-cultivo-quinua-costa-sustituir-cultivos-necesitan-agua-6952>

En la temporada de cosecha, es sumamente importante considerar la humedad, ya que, si exponemos mucho tiempo a la panoja podría germinar, así también como anticipar el deterioro del grano. Para esto se somete a una prueba organoléptica donde los sentidos son nuestros mejores aliados. El grano debe de resistir la presión con las uñas y tener un color adecuado con tendencia al amarillo pálido en caso de la especie común (Nieto & Vimos, 1992).

Finalmente, el grano es sometido a un proceso de secado³ para garantizar su perdurabilidad, de lo contrario esto ocasionaría la activación bioquímica desencadenando un proceso de fermentación y oxidación descomponiéndolo principalmente si es que el grano ha sido almacenado junto a impurezas (hojas, tallos, etc.) (Nieto & Vimos, 1992).



Ilustración 9. El Diario (2017). Acopio de panojo de quinua. [Fotografía]. Recuperado de https://www.eldiario.net/noticias/2017/2017_05/nt170528/nacional.php?n=38&-quinua-genera-mas-del-70-de-ingresos-en-comunidades

En cuanto al rendimiento podemos acotar que es directamente proporcional a factores como la variedad, el tipo de suelo en el que ha sido sembrado, el clima, las plagas y enfermedades que han podido acontecer. Es de esta manera que se ha calculado la obtención de 800 Kg. a 1400 Kg.

³ “...se han encontrado que la exposición al sol, en tendales de cemento o carpas por 6 a 8 horas es suficiente para bajar la humedad a niveles de 12 a 14%, siempre que la capa de grano no sea superior a 5 cm y se realice uno o dos movimientos o cambios de posición de las capas de grano.” (Nieto & Vimos, 1992)

por hectárea en años buenos. Sin embargo, según el material genético se puede obtener rendimientos hasta de 3000 Kg. /Ha. (Nieto & Vimos, 1992).

Si bien es cierto, el cultivo de la quinua se viene realizando desde hace miles de años, el tiempo cambia, así como las condiciones ambientales, por ellos es necesario mantener el estudio de la práctica de la siembra de manera constante. De esta manera se puede tener un control de los genotipos que van apareciendo y/o manteniéndose.

3.4. Composición y estructura del grano

Este pseudocereal tiene múltiples elementos que lo hacen un gran alimento. Se puede comenzar acotando a las grandes cantidades de proteínas saludables (10,39), ácidos grasos (88.5), minerales y valor nutricional, además tiene una gran cantidad de lípidos a comparación con otros cereales más comunes. Otro de los elementos que podemos encontrar en la quinua es la vitamina E, así también la riboflavina, tiamina y la vitamina C (Gonzales & Prado, 2013).

La quinua presenta un mayor porcentaje de almidón (amilosa) que otras de las plantas más comunes, además el tamaño del almidón de quinua (de 0 a 10,88 cc con una media de 3,6 según la raza), la baja solubilidad y alta viscosidad, permiten su aplicación en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Burrieza, Martinez, Avella, Kobayashi, & Maldonado, 2013).

3.4.1. Estructura de la planta

Se le llama grano a toda aquella semilla que crece dentro de un fruto. Sin embargo, la quinua no es un cereal, pero por compartir la misma característica de crecimiento se le denomina pseudocereal.

Tanto Enrique Aguilar en la Guía de Cultivo de la Quinua como Juvenal M. León, en su publicación sobre el Cultivo de la Quinua en Puno-Perú, nos dan a conocer la estructura de la planta y la semilla de manera resumida de donde podemos rescatar lo siguiente:

RAÍZ: Tiene una raíz principal, también llamada pivotante, de la cual brotan otras secundarias de manera lateral y ramificadas.

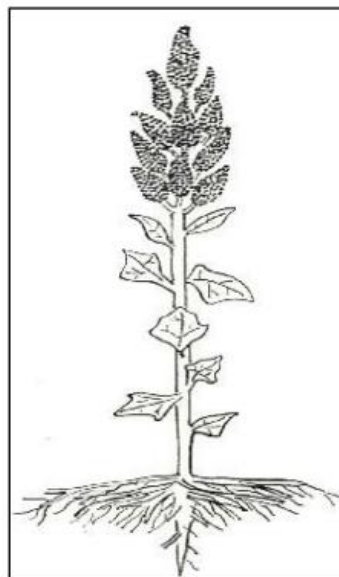


Ilustración 10 Raíz de quinua pibotante y ramificación múltiple. Obtenido de: Jarmbaek, E

TALLO: Cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones. Diámetro: entre 1 a 8 cm. El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura (Gómez & Aguilar, 2016).

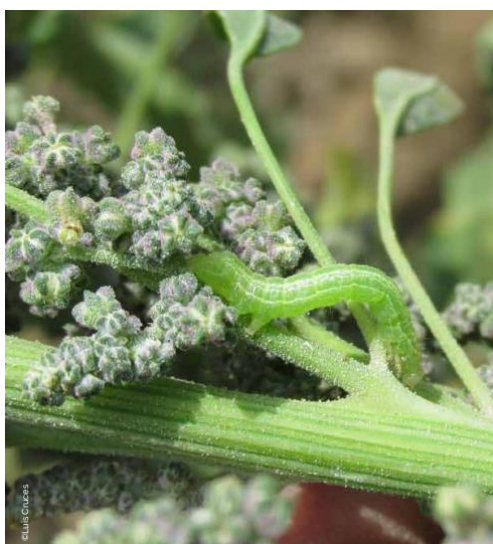


Ilustración 11 tallo de la planta de quinua. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i5519s.pdf>



Ilustración 12 Variedad de colores de tallos de la planta de quinua. Obtenido de: Guía de Cultivo de la Quinua, 2016

HOJAS: Las hojas tienen dos partes diferenciadas, el peciolo y la lámina, además, la longitud dependerá de su origen. De forma variable, también presentan colores verdes, rojas o moradas y estas pueden modificarse

dependiendo del genotipo siendo alternas y poliformes en la misma planta. En la base romboides, triangulares en la media, lanceoladas en la parte superior.

- **INFLORESCENCIA:** La panoja tiene una longitud variable de 15 – 70 cm. Cimosas, compactos racimos piramidales. Generalmente se encuentra en los extremos de la planta y de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias. Están compuestas por flores pequeñas.
- **PETALOS:** carece de pétalos
- **HERMAFRODIAS O PISTILADAS**
- **FRUTO:** Recubierto en parte por el perigonio acrescente con pericarpio blancuzco, blanco-ocreado o rojo ladrillo. Aqueno de forma cilíndrica-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona determinada ventral se observa una marca que es la inserción del fruto en el receptáculo floral. El perigonio envuelve al fruto por completo, se desprende con facilidad en la madurez. Tiene una sola semilla con diámetro de 1,5 a 3 mm. Está constituido por dos capas internas; episperma exterior y perisperma interior que difícilmente se separan del fruto o grano. El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano.

- o SEMILLA: se encuentra cubierta por la testa y el tegmen. La primera se trata de la capa más externa de las dos que constituyen al episperma o tegumento⁴ la cual rodea a la semilla, mientras que la segunda es la capa más interna. Cada una de estas capas tiene dos filas de células en cuanto a espesor. En el periodo de madures de la semilla, la testa (exotesta o capa externa del tegumento) se vuelve impermeable protegiendo las partes internas.

PERIODO VEGETATIVO: entres 90 y 220 días

La semilla suele ser pequeña, aproximadamente llega a medir de 2 a 3 mm diámetro y 1mm espesor. Sus colores varían en amarillo, café, crema, blanco o traslúcido. Tienen forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. Se encuentra envuelta por un pericarpio la cual es una estructura delgada y papirácea la cual se separa fácilmente de la semilla. Presenta tres partes bien definidas las cuales se pueden traducir como las áreas de reserva de la semilla: episperma, embrión y perisperma.

- Episperma: su función se rige en cubrir a la semilla además de estar adherido al pericarpio. Constituido por cuatro capas
- Externa: superficie rugosa, quebradiza. Se desprende fácilmente al frotarla. En esta se ubica la saponina. Células de forma alargada con paredes rectas.
- Segunda capa: muy delgada y lisa, se observa solo cuando la capa externa es traslúcida

⁴ El tegumento es un tejido vegetal la cual cubre ciertas partes de la planta (como a los óvulos y semillas). También puede entenderse como la sucesión de capas que envuelven un órgano protegiéndolo.

- Tercera capa: coloración amarillenta, delgada y opaca.
- Cuarta capa: Traslúcida, constituido por un solo estrato de células.
- Embrión: formado por dos cotiledones y la radícula, constituye el 30% del volumen total de la semilla. Envuelve al perisperma como un anillo teniendo una curvatura de 320° (Arenas & Heredia, 2017).
- Radícula: tiene una pigmentación castaño oscuro.
- Perisperma: Es de células ordenadas y uniformes, pero de paredes muy delgadas las cuales “mueren” al llegar la madurez (Burrieza, Martínez, Avella, Kobayashi, & Maldonado, 2013). principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, de color blanquecino. Representa el 60% de la superficie de la semilla.

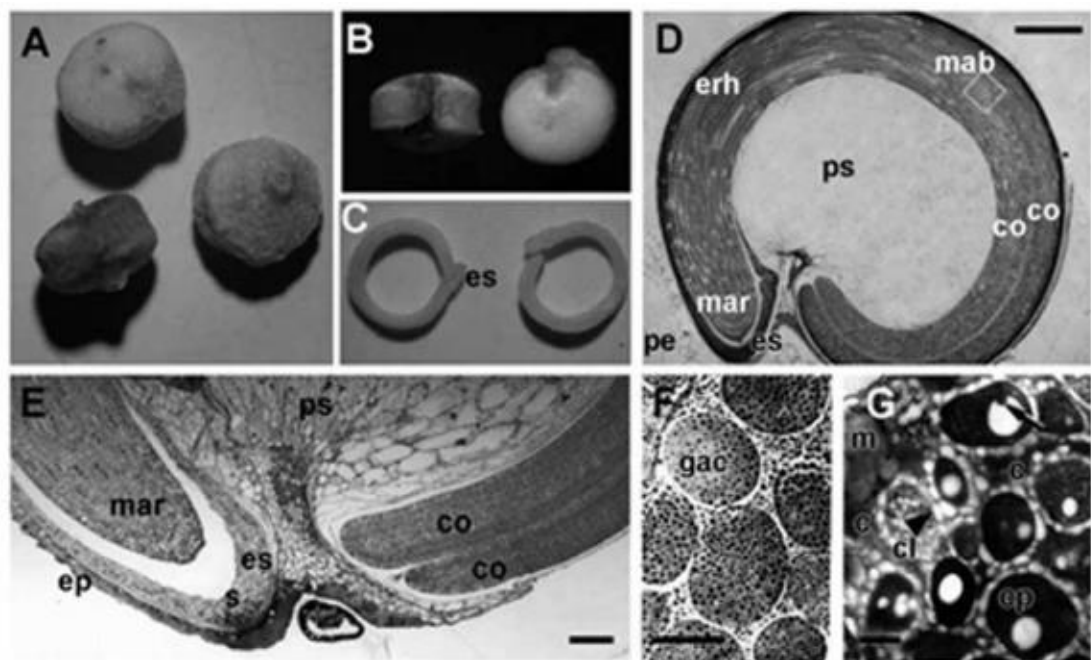


Ilustración 13 Se observa el grano y semilla de *Chenopodium quinoa*. En A, observamos al grano con el pericarpio presente. En B, el pericarpio ha sido extraído observándose la semilla. En C, los embriones han sido separados de las semillas. El del lado izquierdo, el endosperma permanece cubriendo la radícula del embrión. D, Es un corte longitudinal de un grano donde se muestra el

pericarpio (pe), el episperma (ep); el embrión, con sus cotiledones (co), el eje radícula-hipocótilo (erh), y los meristemas apicales del brote (mab) y de la raíz (mar), el endosperma (es) y el perisperma (ps). En F, detalle de la zona micropilar de la semilla; co, cotiledón; (es) endosperma; (mar) meristema apical de la raíz; (ps) perisperma; (s) suspensor (López-Fernández & Maldonado, 2013); En G se observan granos de almidón simple y compuestos, almacenados en las células del perisperma; granos de almidón compuestos (Prego et al., 1998). H, cuerpos proteicos (cp) con globoides de fitina (flecha), y cuerpos lipídicos (cl) separados entre sí y de los cuerpos proteicos por el citoplasma (c) en el cual se observan mitocondrias (m). Los cuerpos lipídicos se observan como numerosas y pequeñas vesículas (Prego et al., 1998). Fuente: Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales. Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (2013)

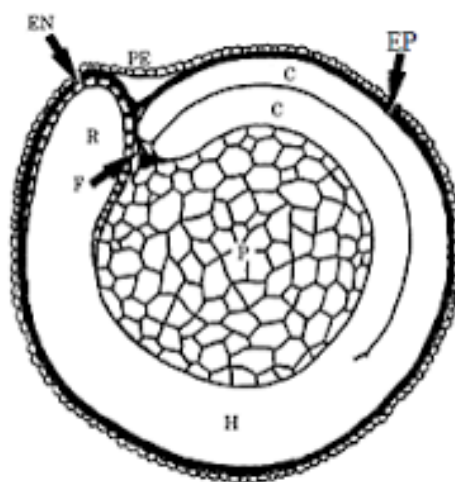


Ilustración 14 Representación esquemática, corte longitudinal de la semilla de quinua (PE: pericarpio; EP: episperma, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H: hipocótilo, C: cotiledones y P: perisperma). Obtenido de: Prego et al, 1998.

3.5. La versatilidad de la quinua

y exportarse a Norteamérica y a la América del Sur. Además de algunas vitaminas. Asimismo, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas, incluso no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo. La importancia alimenticia de este grano se puede ver reflejada en su consumo por la región. Así, es abundante, í

an, en cambio la proteína de la quinua áá, debido a la latitudello de la carne,cé,,íóí ón;é. Se realizan además de

En tal sentido, la quinua tiene múltiples aplicaciones siendo útil también el resto de la planta como el grano, las hojas y las inflorescencias, el forraje para la alimentación de los animales (Molina, 2004).

í APEGA Sociedad Peruana de Gastronomía

La distinción de Apega⁶ y el apoyo del Estado les ha permitido a los productores recibir mejor paga (de 2 a 4,80 soles por kilo) y hacerse conocidos en el exterior, fruto de lo cual han recibido pedidos de países como Estados Unidos, Europa y Asia; donde la quinua posee de un valor sin igual por sus cualidades nutritivas. (Tarqui, 2011).

3.6. El uso de la quinua y su industrialización

3.6.1. Antecedentes

La quinua es utilizada de formas diversas, muchas de estas han sufrido cambios y adaptaciones haciendo su consumo mucho más provechoso. La FAO (Oficina Regional de América Latina y el Caribe), en el año 2011, nos muestra una clasificación de los productos derivados y la potencia industrial que tiene la quinua. Señala que la quinua viene siendo uno de los cultivos promisorios para poder dotar a la humanidad de una

⁶ APEGA Sociedad Peruana de Gastronomía, organización sin fines de lucro.

mejor alimentación por su carga nutricional traduciéndose en diferentes formas de presentación.

Las distintas maneras de empleo de la quinua se exponen en la preparación de alimentos desplegando procesos tradicionales y no tradicionales. De esta manera, también existen procesos industriales los cuales son cada vez más comunes llegando a ver varios de estos productos en los supermercados al alcance del consumidor promedio.

Cuando se señala “usos tradicionales”, nos referimos a todo aquel tipo de preparación que se realiza en una comunidad o zona geográfica la cual ha sido transmitida de generación en generación. Usualmente estos tipos de usos se contemplan en lugares donde las familias tienen sus propias plantaciones de quinua. Según la FAO, se han identificado alrededor de 35 platos tradicionales desplegándose en sopas, guisos, bebidas, masas, pudiendo ser comúnmente ofrecidas en los diferentes principales alimentos del día (desayuno, almuerzo, cena).

En cuanto los usos no tradicionales, trata de usar la quinua en estado de harina para poder elaborar productos como galletas, bizcochos, pan, jugos y néctar demostrando que pueden ser de gran provecho. Se ha visto la inclusión de la quinua bajo este proceso en la gastronomía de alto nivel, siendo usada en restaurantes, reposterías y alimentos para deportistas de alto rendimiento.

PREPARADO	TIPO DE ALIMENTO	
Sopas y segundos	<ul style="list-style-type: none"> • Sopa de quinua • Lawa(allpi) • Huaricha • Juchacha • Chiwa de quinua • P'esque con ahugado 	<ul style="list-style-type: none"> • Mazamorra • Phiri • Phisara (graneado) • P'esque Huracha • P'esque con leche • P'esque con queso
Masas	<ul style="list-style-type: none"> • Mucuna • Buñuelos • Pan • Galletas • Kispíña de ajara • Tortas de quinua • Tortillas de quinua • Tacti o tactacho • Mululsito quispiña 	<ul style="list-style-type: none"> • Kispíña de ajara • K'api kispíña • Acu kispíña • Jupha t'anta • Buñuelos de quinua • Kaswira de quinua • Queque de quinua • Turucha Kispíña • Quichi quispiña
Bebidas	<ul style="list-style-type: none"> • Refresco (ullpu) • Q'usa (chicha) • Apí 	<ul style="list-style-type: none"> • Quinua con leche • Jugo de quinua
Merienda seca	<ul style="list-style-type: none"> • Pito de quinua 	

Tabla 4 Alimentos tradicionales y no tradicionales elaborados con quinua. Fuente: FAO, pag. 34, 2013

Existen procesos que se realizaban en la antigüedad, pero se han actualizado por medio de la industrialización. La quinua expandida es uno de los ejemplos más claros que podemos encontrar en el mercado actual, usado en jugos, sopas, etc. En localidades, se le conoce como pisankalla, el cual es el producto expandido de quinua que se procesa artesanalmente, se obtiene al calentar los granos de quinua en una olla de arcilla, mientras se tuesta baja un movimiento constante. Otro de los casos es la harina de

quinua la cual se obtiene moliendo los granos más pequeños después de la desaponificación.

3.6.2. Industrialización

Los avances tecnológicos han permitido que la industrialización de la quinua sea una realidad insertándose como diferentes productos. Los derivados del beneficiado y procesamiento industrial son la quinua perlada, graneado, hojuelas, harina, expandido, colorantes, pastas, extruidos y otros (Mujica et al. 2006). A continuación, se menciona los procesos más comunes:

Hojuelas de quinua: se inicia con una desaponificación para luego obtener las ojuelas mediante el sometiendo el grano a presión entre rodillos de giro convergente.

Expandidos o pinsakalla de quinua: se somete a un proceso de cocción a alta temperatura y alta presión (145 a 165 psi), para luego ser expulsado sufriendo cambios súbitos de temperatura y caída de presión, provocando la expansión brusca de los granos además de la expulsión de la humedad intrínseca en forma de vapor. Este último provoca el reventado del grano obteniéndose un producto ligero de buen volumen permitiendo su saborización y hasta endulzado (Mujica 2013).

Harina: La harina de quinua se obtiene moliendo la quinua desaponificada mediante presión y fricción, luego se somete a un ventilado para mejorar la pulverización.

Extruidos: La extrusión de alimentos es un sistema de cocción de alta temperatura, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizallamiento) en periodos cortos.

Productos potenciales: Se le llama a todo proceso que busca adelantar las necesidades del consumidor e incluso crear productos nuevos. En el caso de la quinua se han desarrollado productos como los aceites, concentrados y aislados proteicos.

CAPITULO IV: La saponina de la quinua (*Chenopodium quinoa*)

4.1. La saponina

El nombre de la saponina proviene de la capacidad de producir espuma al ser agitada en soluciones acuosas (del latín *sapo* cuyo significado es jabón)⁷. En este sentido, las saponinas presentarán un comportamiento tal como un agente espumante o emulsionante. Dicha capacidad de generar un puente entre dos moléculas polarmente opuestas, tal como sucede con el agua y aceite, permite que las saponinas interaccionen con las moléculas presente en la superficie de la membrana celular (Ramos, s.f.). En el mundo vegetal se pueden especificar algunas de las fuentes más comunes de saponina como son los guisantes, la soja, entre otras, con nombres como la quillaja saponaria, saoproot, soapbark y el jaboncillo (Vicente, 2013).

Esencialmente se puede traducir como un metabolito secundario que se sintetiza a partir de la biosíntesis de ácido acético que se transforma en ácido mevalónico. Principalmente son glúcidos formados por agliconas policíclicas (biomolécula sencilla que está formada por C, H y O) y azúcar, quiere decir que es un complejo de glucósidos triterpénicos o esteroideal los cuales se derivan en 7 tipos de agliconas⁸ y 3 tipos de azúcares como la arabinosa, glucosa y galactosa.

⁷ Triosi nos explica el significado del nombre que se le otorga al componente capaz de producir espuma parecido al jabón al tener contacto en soluciones acuosas, además de su rol en la naturaleza.

⁸ Troisi, Pulvento nos especifica los 7 tipos de agliconas existentes en la saponina de la quinua los cuales mencionaré a continuación:

Ácido oleanólico

Hederagenina

Ácido fitolacagénico

Este compuesto se encuentra en distintas partes de las plantas, cabe recalcar que la mayoría de legumbres y algunas verduras llevan la saponina, su objetivo es protegerlas de agentes externos como insectos u hongos, patógenos y herbívoros, es por esta razón que la saponina tiene un sabor amargo muy característico, por ello, antes del consumo humano, debe lavarse varias veces, de esta forma se descarga el sabor a uno más dulce o neutro. En general, son compuestos encontrados en las plantas cuyo nombre probablemente haya sido obtenida de la planta saponaria⁹.

Por décadas se han realizado investigaciones sobre la saponina orientadas a aprovechar las propiedades biológicas de este compuesto. Algunas de las propiedades que se muestrande manera relevante son la capacidad antitumoral, fungicida, molusquicida, antivirales, su actividad hemolítica y antiinflamatoria; estas funciones dependen de la diversidad estructural a las que se van adaptando las saponinas (Ahumada, Ortega, Chito, & Benitez, 2016).

La siguiente información sobre las propiedades biológicas de la saponina se extrajeron del *Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013*¹⁰. En el capítulo sobre saponinas explican de manera amena su síntesis y comportamiento.

Ácido serjánico

Ácido 3 β – hidroxí – 27 – oxo – olean – 12 – en – 28 – oico

Ácido 3 β , 23 α , 30 β – Trihidroxí – olean – 12 – en – 28oico

⁹ La saponaria, también conocida como jabonaria, es originaria de Asia y del sur de Europa. Viene de la familia de los Caryophyllaceae. Su raíz se usa para la realización de jabones.

¹⁰ Este documento nos permite aondar sobre la quinoa de manera científica y resumida gracias al trabajo de científicos de distintas partes del mundo. La información pertinente a las saponinas se encuentra en el punto 3.3. con el protagonismo del científico Jacopo Triosi de Italia secundado por laboratorios y universidades de Chile.

Actividad Hemolítica

Se ha probado su propiedad hemolítica al aplicar saponina en estanques cuyo contenido en peces comienzan a sufrir coloración rojiza en los ojos por el rompimiento de los glóbulos rojos además de provocar parálisis en las agallas. Esta técnica se usa para poder medir la efectividad en cuanto potencia de la saponina la cual es propuesta por Rudolph Kobert, científico alemán especialista en el área de toxicología, quien indica la concentración de *“100 ml de solución determina la muerte de un pez de una especie determinada y un peso dado después de una hora de inmersión en la solución”* (Foy, Mac Donald, Cuyos, & Dueñas, 2005).

Otro método, menos invasivo, para probar si alguna especie vegetal contiene saponina es aplicando un extracto de esta en un tubo de ensayo con glóbulos rojos observando la reacción hemolítica. Esta capacidad de la saponina se explica mediante la capacidad de dicha sustancia de fijar esteroides en la membrana de los glóbulos rojos la cual estalla provocando el aumento de la permeabilidad, por lo tanto, pérdida de hemoglobina. (Foy, Mac Donald, Cuyos, & Dueñas, 2005).

Actividad antiinflamatoria

La industria farmacéutica se basa en conocimientos de la medicina rural la cual usa extractos de semillas y plantas como drogas por su efecto antiinflamatorio, usualmente de origen esteroide y no esteroide. Sin embargo, el uso recurrente de alguna de ellas tiene efectos secundarios como la toxicidad, además de problemas cardiovasculares y

gastrointestinales (Ahumada, Ortega, Chito, & Benitez, 2016). Se ha demostrado que las saponinas de algunas plantas tienen un nivel de toxicidad adecuada y un efecto antiinflamatorio bajo el suministro entre 25 y 100 mg/kg.

Experimentos realizados en ratones demuestran que las saponinas triterpénicas tienen resultados favorables, uno de los tipos de saponina con mayor efecto es la *Bupleurum frutescens* L. (Apiaceae) aplicado al edema de la oreja de un ratón, cuya concentración iba de 50 – 200 mg/kg. (Sparg, Light, & Van Staden, 2004).

Actividad antifúngica y antilevaduras

Esta característica deriva de la propiedad de la aglicona estructural la cual se estima proviene del oligosacárido C-3. Se ha probado bajo la aplicación en extracto de saponina de quinua sin cocer dando resultados favorables en aquellas muestras tratadas con álcali aplicando 5mg/ml de saponina inhibiendo el crecimiento del 100% de la germinación de hongos, ya que, la membrana fúngica sufre ruptura (Triosi, 2014).

Otros estudios realizados confirman el deceso de las cepas de la *Candida albicans* al aplicar un tipo determinado de saponina al “*ser influenciada por la variación de las unidades de carbohidrato enlazados eterglicosídicamente y el oligosacárido enlazado acilglicosídicamente en C-28 de la aglicona.*” (Stuardo y San Martín 2008).

Actividad antibacterial/antimicrobiana

Se ha demostrado esta propiedad, pero solo en poblaciones celulares bajas tanto en organismos procariotas y eucariotas. Es importante resaltar que las saponinas han sido expuestas al alcohol demostrando su solubilidad (Triosi, 2014). Estudios realizados sobre *Bacillus subtilis* con cuatro tipos de saponinas extraídas de especies de plantas y granos diferentes, dieron como resultado que las saponinas de tipo triglicósidas presentan una mayor actividad que las tetraglicósidas. (Konishi, T., 2008).

Citotoxicidad y actividad antitumoral

Se ha dado a conocer actividades inmunoestimulantes al inducir el crecimiento de los linfocitos T humanos los cuales provocan la destrucción de las células autofágicas, además de reducir la respiración y la inhibición de la membrana mitocondrial externa. Dicho sea de paso, se toma en cuenta su ingesta con propósitos antibióticos que a la larga previenen la aparición del cáncer, así como enfermedades cardíacas. (Hernandez & Hermosilla, 2014).



Ilustración 16. El nombre de saponina deriva del latín *sapo* el cual significa jabón. Se le otorga este nombre por su capacidad de producir espuma como uno. Ramos, M. (s.f.). **Foto: fuente propia.**

Otra característica que se debe tener en cuenta durante la manipulación o experimentación con las saponinas son los cambios bruscos en su pH (valores muy ácidos y muy básicas) cuyas oscilaciones causan rupturas en sus enlaces. Por lo contrario, se encuentran muy estables en temperaturas superiores a los 150 °C pero menores a 400 °C, temperatura en la cual se inicia el proceso de carbonización de la molécula,

posibilitando la implementación de procesos de extracción convencionales que usualmente son favorecidos por el uso de calor (Ahumada, Ortega, Chito, & Benitez, 2016).

La concentración de saponina varía en relación a el tipo de quinua. Al conocer y cuantificar este aspecto podemos beneficiarnos de la saponina como subproducto¹¹. Según estudios realizados y publicados por la *Revista Colombiana de Ciencia, Química y Farmacia*, Perú tiene la variedad de quinua menos amarga en comparación con Chile y Argentina con alrededor de nueve especies con un genotipo relevante. Sin embargo, la saponina que presentan los granos de quinua en Perú tiene un alto contenido de saponina.

4.1.1. Tipos de saponina

Los distintos tipos de saponina se pueden diferenciar según la aglicona de origen, la terpénica, esteroideal y alcaloide. Algunas de ellas tienen un azúcar además el cual se muestra en forma de glucosa adherido al carbono 26 o 28. Las saponinas sintetizadas a partir de las dos últimas agliconas mencionadas pueden llegar a identificarse de manera rápida ya que presentan un sabor amargo, producen espuma al ser agitadas en soluciones acuosas, producen hemólisis en glóbulos rojos a causa de saturación de saponina, es tóxico en animales como peces provocando parálisis de agallas además es soluble en diferentes grados en soluciones

¹¹ En la *Revista Colombiana de Ciencia, Química y Farmacia* se presenta un cuadro de doble entrada donde se muestra el contenido de saponina por variedad de quinua de diferente origen en países sudamericanos como Bolivia, Brasil, Chile, Dinamarca, Ecuador y Perú.

de alcohol-agua (Amambal & Vega, 2017). Cabe destacar que la saponina de la quinua tiene características que no son comunes con todas las saponinas por tal motivo es mejor definirlas por su carácter estructural (Vicente, 2013).

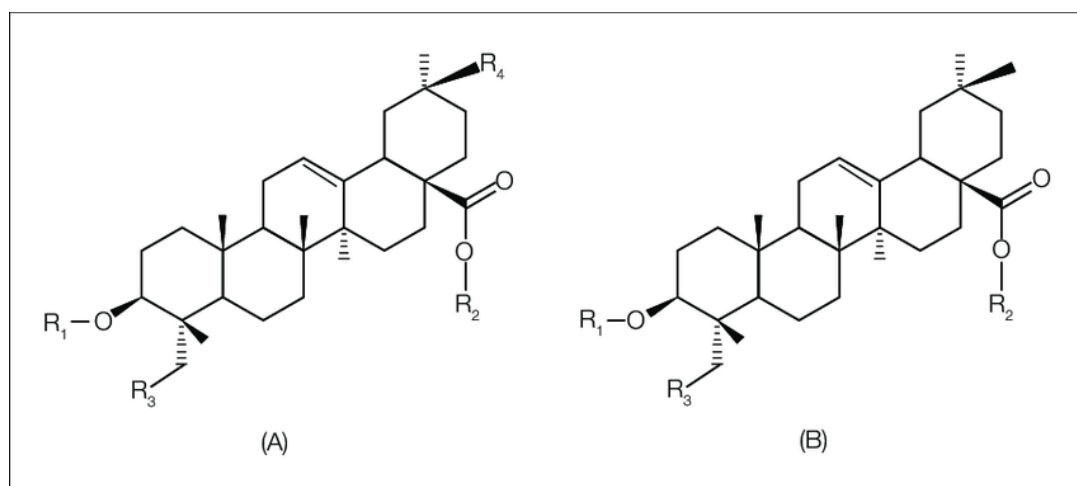


Ilustración 17 Estructuras moleculares de las principales saponinas de la quinua (A) Saponina A y (B) Saponina B. R 1 = glucosa-arabinosa, R 2 = glucosa, R 3 = OH y R 4 = COOCH 3 (Ahumada, 2016)

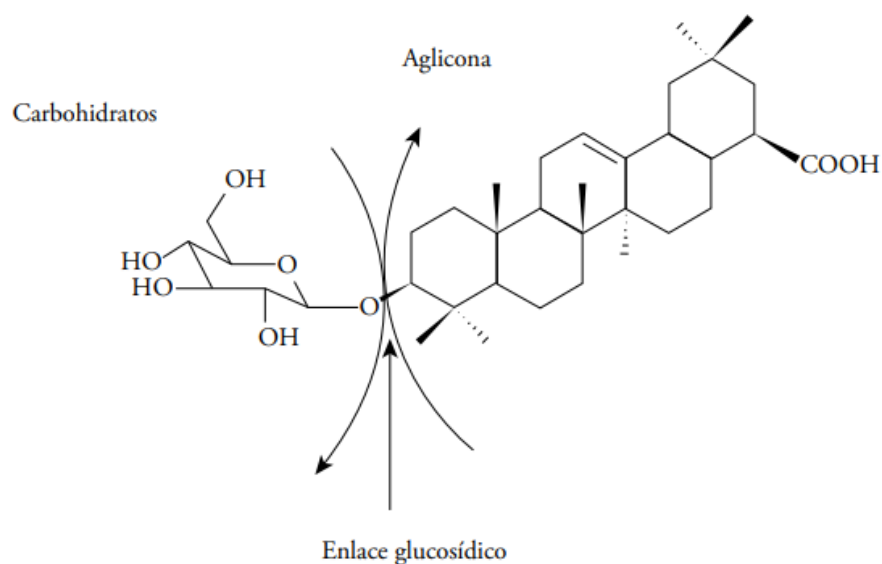


Ilustración 18 Estructura general de una saponina. Se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido (Ahumada, 2016).

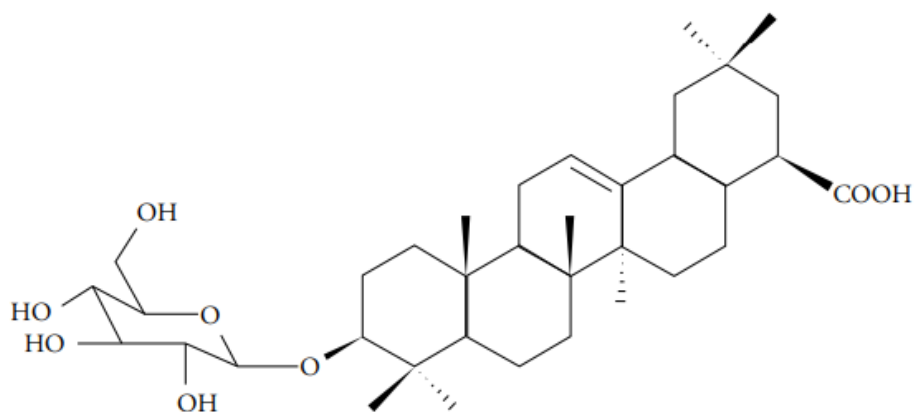


Ilustración 19 Estructura de una saponina monoglicosilada 3-O- β -D-glucopiranosil oleanólico (Ahumada, 2016).

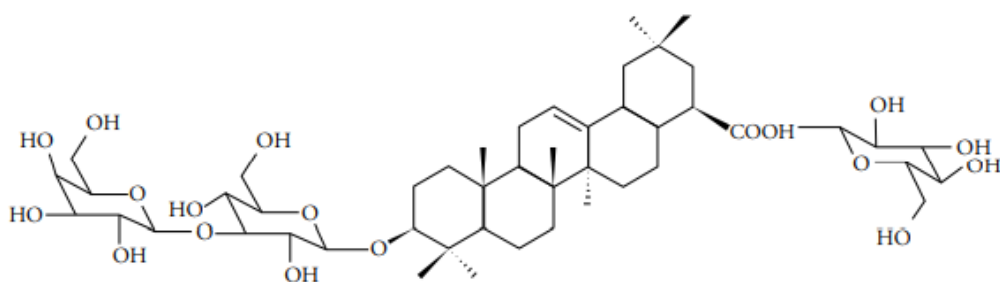


Ilustración 20 Estructura de una saponina diglicosilada 3-O- β -D-Glucopiranosil-(1 \rightarrow 3)- α -Lgalactopiranosil-hederagenina 28-O- β -D-glucopiranosil éster (Ahumada, 2016).

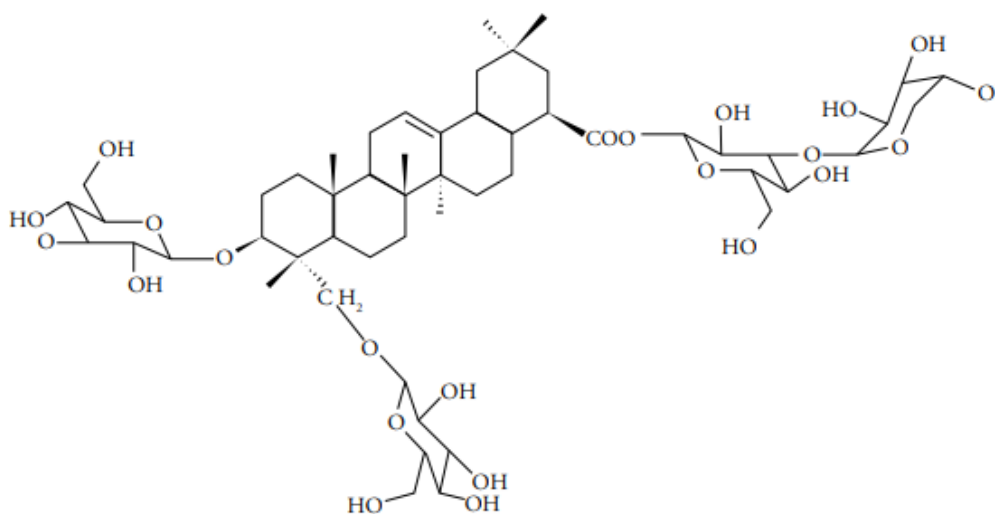


Ilustración 21 Estructura de una saponina triglicosilada: ácido 3,23-bis[(O- β -D-glucopiranosil) oxi] olean-12-en-28-oico-28-O- α -L-arabinopiranosil-(1 \rightarrow 3)- β -D-glucopiranosiléster (Ahunada, 2016).

Triterpénicas

Las saponinas triterpénicas presentan una estructura policíclica, normalmente tetra o pentacíclica con 30 carbonos en su estructura. Se caracterizan por ser ácidas, por la presencia de grupos carboxilos unidos en la posición 3 de la aglicona, además pueden estar compuestos de 1 a 6 monosacáridos los cuales pueden ser la glucosa, galactosa, ramnosa, rabinosa, fucosa, xilosa, ácido galacturónico y el ácido glucorónico.(Amambal & Vega, 2017). Dicho sea de paso, son las más abundantes en la naturaleza y se encuentran en gran cantidad dentro de las familias de las siguientes dicotiledóneas: caryophyllaceae, sapindaceae, polygalaceae, sapotaceae, compositae, cucurbitaceae, linaceae. Las plantas que contienen cantidades considerables de este tipo de saponina presentan actividad hemolítica.

Esteroidales

Este tipo de saponina no presentan grupos carboxilos además de pocas unidades de azúcar. Están presentes con glucósidos en forma de antrona unidos al C – 1, C – 8 y C – 6. Según Vega y Amambal (2017), están presentes en muchas familias de dicotiledóneas como son la leguminosa y la solanaceae donde resalta su relación con compuestos como las hormonas sexuales, cortisona, esteroides diuréticos, vitamina D y esteroides cardiacos.

De manera general, las saponinas se pueden formar a partir del sometimiento a distintos estímulos como la temperatura la cual influye

directamente en la acumulación de compuestos bioactivos (García, Plaza, Carvajal, Ferreira, & Parra, 2018). Muestran una estabilidad térmica resistiendo temperaturas superiores a 150 °C e inferiores a 400 °C en la cual se inicia el proceso de carbonización de la molécula.

4.1.2. La importancia de la saponina de la quinua

Se conocen varios tipos de saponinas en la quinua, son alrededor de 31 estructuras químicas distribuidas en hojas, tallos, panoja, cascarilla y semillas, derivadas de la hederagenina, ácidos oleanólicos, etc.

Las investigaciones acerca del funcionamiento, comportamiento y composición de la saponina, ha permitido a los investigadores involucrarlo en diferentes proyectos que han dado resultados óptimos y sostenibles para la humanidad y el planeta. Todo comienza a partir de la necesidad de lavarla o remover la cáscara para su consumo, de esta manera obtenemos un subproducto rico en saponina.



Ilustración 22 Lavado de la quinua por **frotación**. Obtenido de: **Fuente propia**

El uso de la saponina como jabón natural o para la realización de productos de belleza se debe a su alta actividad superficial debido a la combinación estructural de un grupo polar (azúcar) y uno no polar (esteroide o triterpeno). Lleva la función de agente estabilizante y emulsificador en estos productos (Ahumada, Ortega, Chito, & Benitez, 2016). Este comportamiento propicio que se unan, de manera fácil a nivel molecular, con el agua y otras sustancias tales como el colesterol y las grasas. ¹² De esta manera, atribuimos su uso en la elaboración de jabones,

¹² En este sentido, las saponinas presentarán un comportamiento tal como un agente espumante o emulsionante. Dicha capacidad de generar un puente entre dos moléculas polarmente opuestas, tal como sucede con el agua y aceite, permite que las saponinas interactúen con las moléculas presentes en la superficie de la membrana celular. Ramos, M. (s.f.). HSN BLOG. Obtenido de <https://www.hsnstore.com/blog/que-son-las-saponinas/>

detergentes y champús por su alta capacidad de formar espuma. Por ello "El boom de la quinua y su mayor producción vino acompañada de una acumulación de residuos o 'mermas' de la cascarilla que son nocivas para el consumo humano y que no son aprovechadas económicamente porque pueden servir para la industria de cosméticos", precisa Rosario Pajuelo, consultora internacional de la Unión Europea (UE) experta en biodiversidad peruana (Gestión, 2016).



Ilustración 23 Producto denominado *Jabón facial de Quinoa Amarilla* de la marca QNATUR. Obtenido de: <https://www.biopoint.pe/products/jabon-facial-quinua-amarilla-cutis-graso-a-mixto>

Pasando al mundo de la medicina, la saponina ha servido para la realización de medicamentos y vacunas para combatir diferentes tipos de enfermedades por su carácter antimicrobiótico y antibacterial. Existen investigaciones que han permitido a la saponina participar en la reducción del colesterol a través del trabajo en conjunto con el hígado, ya que, trabaja como “secuestrante de ácidos biliares” (estos ácidos sirven para procesar

las grasas fabricadas por el hígado a partir del colesterol), dando lugar a la disminución del colesterol o su reabsorción (Ramos, s.f.). Por otro lado, por su efecto antioxidante previenen el daño celular por el trabajo que realiza la saponina al evitar la oxidación del colesterol en el colon, lo que también puede ayudar a reducir el daño del colon y el riesgo de cáncer (Ramos, s.f.). A todo esto, podemos referirnos a su capacidad de reforzar el sistema inmune, las saponinas derriban y limpian la materia impregnada en las paredes del colon y fomentan el crecimiento de bacterias buenas y disminuyen las bacterias dañinas. Este equilibrio saludable hace que el cuerpo tenga un sistema inmunológico más saludable de forma natural, para ayudar a eliminar las causas de frecuentes resfriados y gripes, parásitos, hongos y otras infecciones por bacterias, así como trastornos digestivos y el estreñimiento¹³.

4.1.3. Extracción de la saponina de la quinua

La saponina en la quinua se encuentra en el pericarpio en forma de cascarilla la cual usualmente es retirada por el sabor amargo característico. Esta capa se desprende de diferentes maneras siendo la más común el lavado seguido de frotación. Sin embargo, la industria ha ido perfeccionando la metodología de extracción, a su vez las grandes cantidades que se desprenden afectan directamente a los cultivos que se

¹³ Ramos nos menciona que las saponinas ayudan a reducir el rastro de la aparición de las patologías relacionadas con deterioros a nivel óseo, del colon, hasta previene fracturas reforzando las estructuras celulares. Ramos, M. (s.f.). HSN BLOG. Obtenido de <https://www.hsnstore.com/blog/que-son-las-saponinas/>

encuentran alrededor contaminando el agua, provocando un desequilibrio ecológico.

En la actualidad, se encuentran principalmente tres maneras distintas de extraerlas, así se aprovecha este recurso según las necesidades y demandas.

Método húmedo

Consiste en mantener la semilla remojada por un tiempo determinado, de esta manera, sea retirada por medio de la solubilización de la saponina. Existen propuestas en donde se recomienda la turbulencia para el desprendimiento óptimo, así como el sometimiento a una temperatura entre los 20° hasta los 50°C. Scarpati y Briseño nos indican que a partir de los 70°C ocurre la gelatinización del almidón, por ende, no se recomienda superar los 50°C.

Método seco

Este método consiste principalmente en la frotación del grano para el desprendimiento de la cascarilla contenedora de saponina. También llamado escarificado, las grandes industrias tienen instaladas máquinas escarificadoras logrando llevar a cabo este trabajo con grandes cantidades de granos de quinua. En consecuencia, muchas veces la calidad proteica del grano disminuye por los daños que pueda llegar a tener por los golpes constantes. Usualmente se usa este método para obtener saponina la cual será usada como complemento nutricional en la alimentación del ganado.

Método combinado o mixto

El uso en conjunto de los métodos mencionados darán mejores resultados en el proceso de desaponificación, así como al evitar el rompimiento de los granos de quinua. Primero los granos deben de pasar por un escarificado de menor revolución para luego pasar por un proceso de lavado seguido del secado correspondiente. En países como Bolivia este método se aplica con éxito, donde el agua que ayudó a retirar parte de la saponina de quinua, pasa por filtración para aprovechar al máximo lo extraído así la concentración de saponina no sea tan elevada.

4.1.4. Purificación de la saponina de la quinua

Existe una gama numerosa de las maneras de purificar la saponina de la quinua, sin embargo, no todas dan el mismo resultado, por lo que, debe utilizarse según lo que se busque o se quiera encontrar. Giannina Vicente en el año 2013 nos explica, en su tesis doctoral, las técnicas más usadas para este tipo de procesos enfocados en la purificación de saponina de quinua.

Cromatografía

La cromatografía es un método físico de separación donde las partes del componente se distribuye en dos fases, una en reposo o estacionaria y la otra en fase móvil la cual es la que se distribuye hacia una dirección en específico. De esta manera llega a purificarse separando aquellos compuestos que contaminan a la saponina. La más común para estos procesos es la cromatografía de columna abierta donde se usan

absorbentes como la sílica gel y alúmina; como eluyentes el cloroformo, metanol y agua (Hostettmann & Marston, 1995)

Existen distintos tipos de cromatografía. La cromatografía plana es la más común, se realiza sobre un material plano y sólido por donde se distribuirá la fase estacionaria. Muy parecida a esta es la cromatografía de columna, la fase estacionaria se coloca en el interior de una columna de vidrio, la cual finaliza con una llave para controlar el paso de sustancias al exterior de la columna.

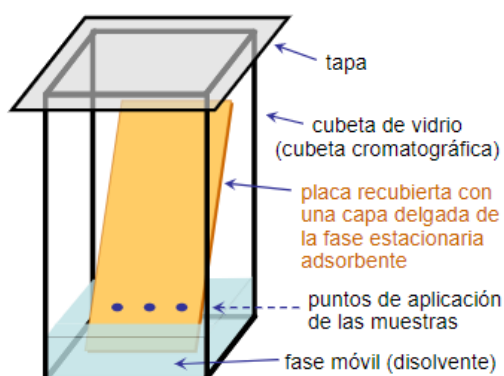


Ilustración 24 Cromatografía ascendente en capa fina: colocación de una muestra (con 3 componentes), desarrollo de la cromatografía y revelado del cromatograma. Fuente: <http://biomodel.uah.es/tecnicas/crom/inicio.htm>

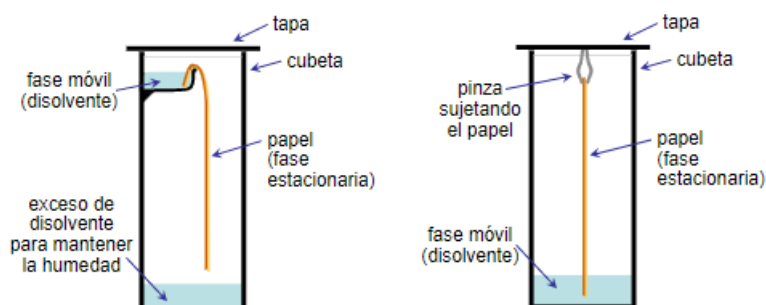


Ilustración 25 Disposiciones experimentales para realizar una cromatografía en papel descendente (izqda.) y ascendente (dcha.). Fuente: <http://biomodel.uah.es/tecnicas/crom/inicio.htm>

También existe otros tipos de acuerdo con el estado físico de las fases, quiere decir que se pueden clasificar en cromatografía líquida y de gases, donde la fase móvil es gaseosa o líquida. Sin embargo, se han desarrollado otras técnicas aplicadas en la separación de la saponina siendo la más recurrida la cromatografía en columna abierta donde se usan distintos tipos de absorbentes. Entre otras también podemos mencionar la aplicación de la cromatografía flash, la líquida de baja presión por Martson y Hostteman y la líquida de baja y alta performance (Vicente, 2013).

Fluidos supercríticos

Un fluido supercrítico (FSC) es una sustancia que se encuentra en condiciones operativas de presión y temperatura superiores a las de su punto crítico. Los FSC presentan propiedades intermedias entre gases y líquidos como es una densidad elevada, cercana a los líquidos; baja viscosidad, cercana a los gases y coeficiente de difusión superior al del líquido. En el diagrama de fase, cualquier líquido o gas puede ser un FSC, solo es necesario cambiar las condiciones de presión y temperatura para que se llegue a presentar un comportamiento particular en la región denominada “supercrítica”. El CO₂ es el FSC más usado ya que sustituye a otros compuestos orgánicos volátiles que pueden llegar a ser grandes contaminantes.

Cuando se llega a tener un comportamiento supercrítico, las propiedades tanto de la fase líquida como gaseosa son tan similares que no se distinguen entre sí. Esto se puede expresar en un cuadro de fases donde

se puede ver la curva de fusión, sublimación y vaporización mostrando la zona de interacción entre estas fases.

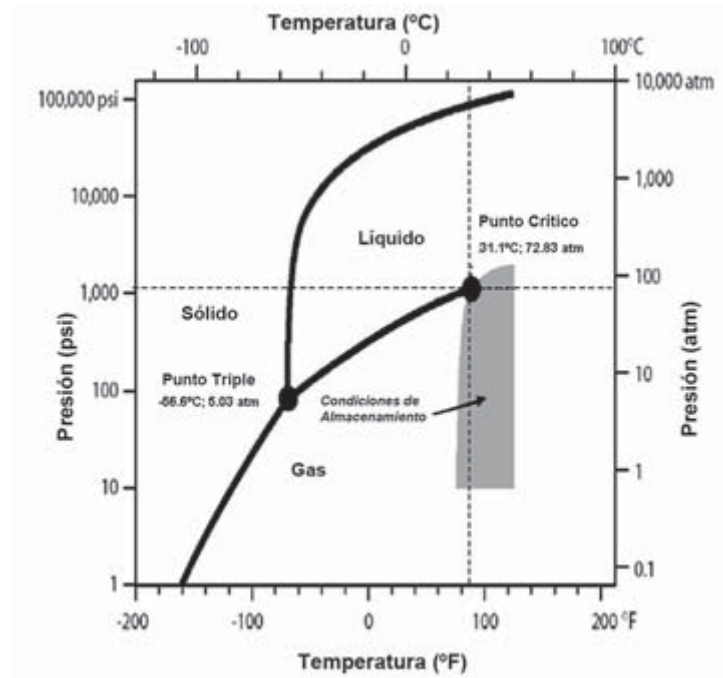


Ilustración 26 Diagrama de fases (Bolufer, 2016)

Extracción con solvente

Es usada para separar dos mezclas aprovechando la diferencia de solubilidad entre sus componentes. Vicente, Giannina (2013) explica que este método es uno de los más eficientes para purificar e identificar una saponina que se obtiene por precipitación, luego se recristaliza. También es llamada extracción por aceleración de solventes (ASE). En general, consiste en aumentar la temperatura mejorando la solubilidad y la transferencia de masa de soluto a solvente, la presión hará que el solvente se mantenga por debajo del punto de ebullición teniendo mayores resultados en la extracción del soluto. Se considera como un método ecológico aplicado a muestras de origen vegetal. Mustafá y Turner (2011)

nos indican que existen diferentes tipos de aplicación, mediante extracción líquida presurizada, extracción con solvente a presión y extracción con solvente mejorada, a veces denominadas extracción a presión de agua caliente, extracción de agua subcrítica o extracción de agua sobrecalentada, cuando se usa agua como disolvente (Villacis, 2018).

CAPITULO V: Método de campo

5.1. Limpieza

La limpieza de los granos de quinua se realizó mecánicamente, de manera minuciosa, ya que provenía directamente de la cosecha sin haberse realizado ningún tipo de proceso posterior a su recolección.



Ilustración 27 Granos de quinua recién cosechados antes de su limpieza. Foto: fuente propia



Ilustración 28 Granos de quinua sin limpieza previa. Se puede observar agentes secundarios. Foto: fuente propia

Presenta impurezas como ramas de menor tamaño de la misma planta de quinua, paja, piedras pequeñas, cascarilla de la semilla de quinua al momento de secarse, tierra, follaje, entre otros. Luego del proceso de selección se tamizó con un colador haciendo movimientos cíclicos provocando que las impurezas de menor volumen, las cuales fueron más difíciles de eliminar, salieran a la superficie. Este paso puede realizarse con una malla de abertura menor a la del grano de quinua.



Ilustración 30 Proceso de selección de los granos, realizado en el laboratorio de Conservación y Restauración de la UNMSM. Foto: fuente propia. Foto: fuente propia

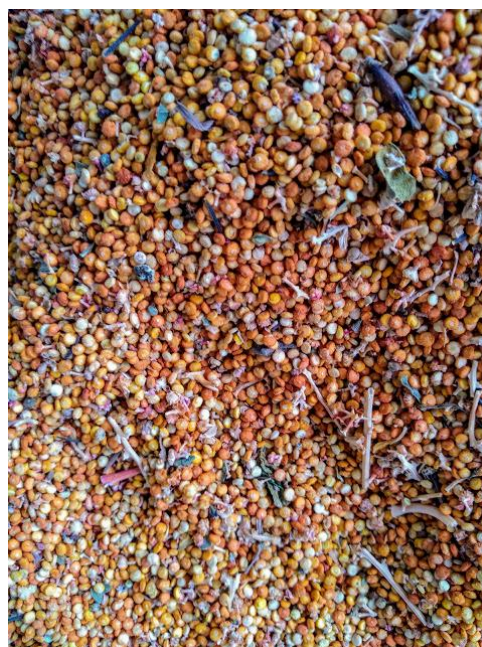


Ilustración 29 Acercamiento de los granos e impurezas. Foto: fuente propia. Foto: fuente propia

Una vez limpia y seleccionada, la quinua se traslada a envases de vidrio previamente esterilizados para una correcta conservación. Cada tipo de quinua será recolectada independientemente de las demás sin provocar algún tipo de migración y/o contaminación, esto quiere decir que se procura que el proceso de limpieza y selección sea de manera individual por tipo de quinua. A continuación, se procede al correcto almacenamiento de los granos ya trabajados en los envases limpios y rotulados. Cada envase fue asignado bajo el uso de una etiqueta con el nombre del lugar de procedencia y el tipo de quinua que custodiará, así como el código asignado de la siguiente manera:

A1: Quinua Blanca de Sicuani, Cusco

A2: Quinua Real de Cusco

A3: Quinua Roja

A4: Quinua Negra de Puno

Debemos tener en cuenta que cada tipo de quinua tiene un peso independiente al resto, por lo tanto, la cantidad recolectada por envase no será la misma. Se requerirá envases secundarios, de esta manera, se aprovechan todas las muestras ya limpias para su uso posterior.



Ilustración 31 Impurezas removidas en aproximadamente un kilo de quinua. Foto: fuente propia



Ilustración 32 Envasado de los diferentes tipos de quinua una vez limpios y seleccionados. Foto: fuente propia

5.2. Desaponificación

Para la extracción de la saponina, se utiliza el Método Húmedo, por la practicidad y el poco presupuesto que se necesita para la realización de este proceso. La calidad del agua, la temperatura y la agitación son los parámetros para tener en cuenta para la obtención de la sustancia.

5.2.1. Hidratación

Cuando se habla de hidratación, algunos textos afirman su eficiencia en la revigorización de semillas envejecida, acondicionamiento y robustecimiento de estas¹⁴. Se trata de la aplicación de agua a estos cuerpos para obtener a través de este proceso diferentes beneficios de acuerdo con el propósito de la experimentación.

Existen distintos tipos de hidratación realizados en laboratorios para poder aprovechar las propiedades que ofrecen estas semillas. El método de imbibición consiste en la aplicación de una sustancia osmótica la cual permitirá la hidratación de la semilla según esta permita. Se mantiene un nivel de humedad la cual desencadenará procesos biológicos en la semilla. Usualmente es usada para la germinación de algunas especies (Sánchez, Orta, & Muñoz, 2001). Otro método común es el de la inmersión la cual consiste en la introducción de manera completa de un cuerpo en un líquido.

Para la hidratación de la quinua, se usaron los mismos parámetros en todos los tipos de quinua, de tal modo que pueda obtenerse resultados

¹⁴ *Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en las plantas de interés agrícola.* (2001). Agronomía costarricense. Costa Rica. Pág. 1

bajo procedimientos uniformes. Este proceso se realizó usando agua desionizada, inmediatamente después de haberse realizado la limpieza mecánica, de este modo las impurezas que no pueden verse a simple vista sean retiradas a través del medio acuoso. Para el proceso de hidratación propiamente dicha, también se usó el agua desionizada¹⁵. Se sometió a 3 temperaturas diferentes para poder establecer el parámetro adecuado de extracción de la saponina.

5.2.2. Desaponificación por método húmedo

Para todos los casos se pesó 250 gr. de cada uno de los tipos de quinua para luego someterse a hidratación en 1 litro de agua desionizada bajo tres temperaturas diferentes las cuales son 20°C, 25°C y 50°C, sometiéndose a remojo por 5 y 15 minutos, en procesos independientes.

¹⁵ También llamada desmineralizada. Mediante un proceso de intercambio iónico se han retirado cationes (como el Na, Ca, Fe, Cu) y aniones (como carbonatos y fluoruros) exceptuando por el H⁺, aunque puede contener residuos de compuestos orgánicos.

Algunas propiedades del agua desionizada:

- Líquido transparente e incoloro
- Inodoro
- Grado de ebullición es de 100°C
- Punto de fusión es de 0°C
- Soluble en etanol
- pH de 5,5 – 7,0

	T° ambiental	T° agua	Tiempo de hidratación		Tiempo de frotación
PRUEBA 1	19° C	20° C	5 min.	15 min.	15 min.
PRUEBA 2	19° C	25° C	5 min.	15 min.	15 min.
PRUEBA 3	19° C	50 °C	5 min.	15 min.	15 min.

Tabla 5. Se establecen los parámetros de tiempo y temperatura. Notamos que a los 5 minutos de hidratación no se presenta desprendimiento de saponina. Sin embargo, a los 15 minutos hay una diferencia notable a nivel cualitativo.

Una vez pasado el tiempo de remojo, se realiza la frotación de los granos de quinua para el desprendimiento de la saponina la cual ya se encuentra hidratada. Antes de comenzar el lavado se tomaron en cuenta parámetros como la temperatura ambiental, la temperatura del agua de remojo y el tiempo de frotación. Para esta parte se debe de considerar la acción de fricción de una sola persona y a un ritmo constante ya que no presentará la misma fuerza ni potencia que un segundo individuo, de lo contrario los resultados no serán válidos.

El remojo de los granos de quinua se hizo manteniendo las temperaturas constantes. Cada temperatura a la que se sometió a los granos, lograron resultados diferentes. Los 20° C, así como los 25° C, son las temperaturas estándares usadas para la eliminación de saponina en las industrias alimenticias, a esta temperatura los cristales de saponina se disuelven facilitando su eliminación. Hay que tener en cuenta que la temperatura ambiental también juega un rol importante junto al tiempo, ya que de esta dependerán entiendo en que se deba someter los granos a

hidratación. En cuanto a la prueba con 50° C, se extrajo de una tesis realizada en Ecuador¹⁶ donde se indica que es eficiente la extracción tanto en vía húmeda como en vía seca. Se toma en cuenta los 50° C como límite ,ya que, a partir de los 70° C la saponina puede sufrir una hidrólisis llegando a descomponerse.

Este proceso de desaponificado se realizará 3 veces por cada una de las muestras de quinua para poder aprovechar al máximo la saponina que se pueda obtener de cada una de ellas. De este modo, también se puede determinar la concentración¹⁷ de saponina la cual probablemente en la tercera lavada de la muestra la cantidad disminuya notablemente en un tipo de quinua al momento de comparar. Se usan los mismos parámetros de temperatura, solo que ya no se usará 1lt de agua desionizada, ahora se usará la mitad (500ml).

¹⁶ *Determinación un método eficiente para la extracción de saponinas producidas durante el lavado de Quinoa (Chenopodium quinoa) y su uso como tensoactivo en la elaboración de champú.* Trujillo, Natalie; Valencia, Francisco. Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias, 2017. Ecuador.

¹⁷ Ver tabla número 11.

MATERIALES	MATERIAS PRIMAS O SUSTANCIAS
Vaso de precipitación 100ml Varilla de agitación Tamiz Tubo de ensayo Planchas de algodón Frascos de vidrio esterilizados 500ml Frascos para muestras esterilizados 100ml Balanza Termómetro	Agua destilada Quinoa A1 Quinoa A2 Quinoa A3 Quinoa A4

Tabla 6. Materiales utilizados para la desaponificación y almacenamiento. Tabla: fuente propia

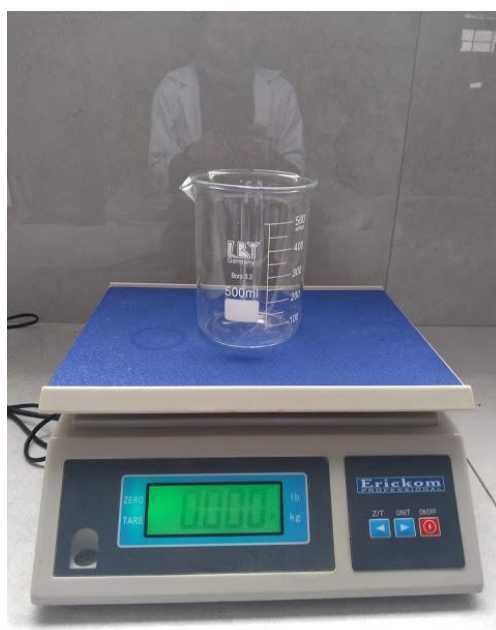


Ilustración 33. Se pesa el vaso precipitado dejándolo en 0 gr. Foto: fuente propia



Ilustración 8. Se pesan los granos de quinoa hasta obtener 250 gr. Foto: fuente propia



Ilustración 34. Proceso de calentamiento del agua. Foto: fuente propia



Ilustración 35. Hidratación de la quinua. Foto: fuente propia



Ilustración 36. Frotación para el desaponificado. Foto: fuente propia



Ilustración 37. Proceso de frotación realizada por una sola persona. Foto: fuente propia

5.2.3. Almacenamiento

Una vez obtenida la saponina, esta es almacenada en frascos de vidrio previamente esterilizados y secos. Llevarán un rótulo con los siguientes datos: el tipo de quinua o nombre de la muestra, número de orden del lavado (si fue el primer, segundo o tercer proceso de desaponificado), la cantidad de agua desionizada que se usó para la hidratación, la temperatura y la fecha.

Posteriormente, se pasará por un filtro para que los residuos de quinua o impurezas que hayan podido quedar no contaminen la muestra de saponina obtenida. Este filtrado se realizará tres veces. La saponina recolectada, que no se utilizó el mismo día de su extracción, será refrigerada si es que su uso será en los próximos días a 4° C para mantenerla estable. Sin embargo, cabe destacar si se requiere una conservación mucho más prolongada, la temperatura deberá descender para no perder las propiedades de la saponina. Si el caso es el último mencionado, su descongelamiento será progresivo para que no sufra cambios o se descomponga la saponina.

En la guía sobre *Métodos de conservación de alimentos* se establece que una temperatura de 4 °C es la adecuada para tener un ambiente propicio para la conservación de alimentos en general, de esta manera es muy baja la posibilidad que lleguen a desarrollarse microorganismos (Aguilar, 2012, p. 31). Así mismo, para componentes orgánicos como los sueros, después del

alicuotado de las muestras, estas pueden ser inmediatamente conservadas en la nevera a 4°C hasta alrededor de las primeras 24 horas (SEOM, 2011).

La saponina por congelar se dispuso en frascos de plástico para muestra, estas estuvieron selladas ya que se encontraban esterilizadas al momento de su compra. También lleva un rótulo con los siguientes datos: fecha de almacenamiento, código asignado (A1, A2, A3, A4), el número de orden del lavado (primero, segundo o tercero) y la temperatura a la que fue sometida.



Ilustración 38. Espuma en respuesta a la saponina presente en la quinua A1 tras el proceso de frotación. Foto: fuente propia



Ilustración 39. Filtración número 1 de saponina mediante embudo y papel filtro. Foto: fuente propia



Ilustración 40. Filtración número 1 con láminas de algodón. Foto: fuente propia

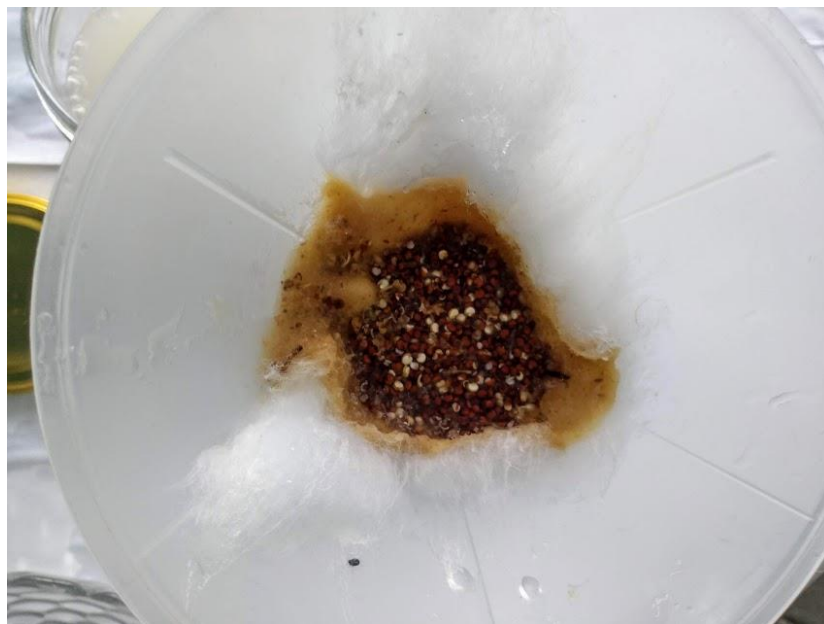


Ilustración 41. Filtración número 2 mediante embudo y filtro de algodón. Foto: fuente propia



Ilustración 42. a) Primer desaponificado de la muestra A1. b) Segundo desaponificado de la muestra A1. c) Tercer desaponificado de la muestra A3. Foto: fuente propia

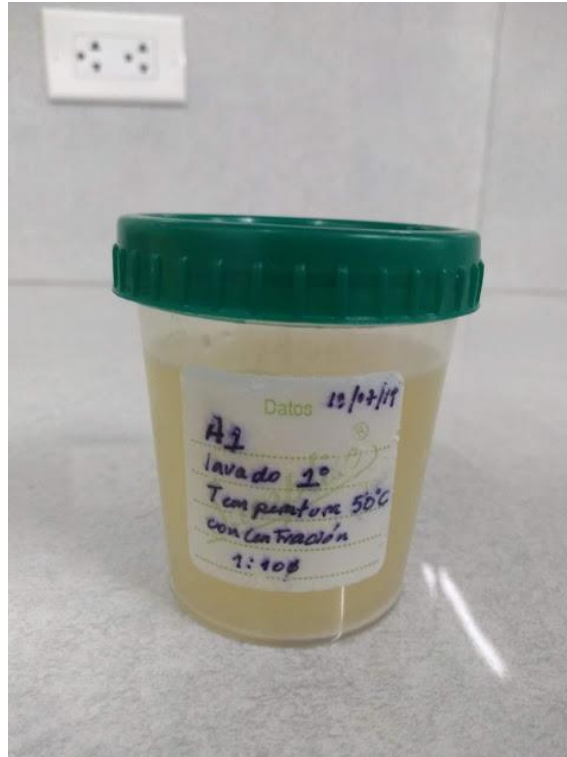


Ilustración 43. Frasco de muestra esterilizado con rótulo para congelamiento.
Foto: fuente propia

5.2.4. Pruebas

pH

El pH se traduce como la medida de la actividad que tienen los iones de hidrógeno en diferentes soluciones, es decir, es la medida de acides de una solución. A manera de ecuación se interpreta como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno.

$$\text{pH} \equiv -\log a_{\text{H}^+}$$

Según la IUPAC¹⁸, el pH es como la lectura dada por un pHmetro que se calibra o ajusta con soluciones con un pH conocido fijo.

Una de las herramientas comunes para poder identificar el pH resultante es mediante una tabla la cual se enumera del 0 al 14 donde 7 es neutro, antes de este es ácido y posterior es básico. Esta tabla fue creada por Sørensen en 1909.

Para la medición del pH puede hacerse uso de los papeles indicadores quiere decir que estos pequeños trozos de papel llevan impregnados una sustancia que cambia de color de acuerdo con nivel de pH que tenga la sustancia en contacto. Un ejemplo común es el papel tornasol es rojo a pH menor a 5 (ácido) y azul a pH mayor a 8 (base). Por otro lado, el pH-metro pasa a ser un instrumento electrónico, mucho más preciso, ya que, cuenta con un electrodo que contiene una solución ácida conocida y encerrada en una membrana de vidrio especial. Cuando el electrodo se introduce en una solución, los hidrógenos de la solución se ponen en contacto con la membrana de vidrio y se puede medir el pH al compararlo con la solución ácida dentro del electrodo.

¹⁸ En sus siglas en inglés Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Organismo internacional encargado de la estandarización de patrones químicos y de establecer las convenciones en química.



Ilustración 44. Papel indicador de pH.
Fuente: Aliexpress



Ilustración 45. Papel indicador de pH.
Fuente: Aliexpress



Ilustración 46. pHmetro electrónico. Fuente: tecnoagro

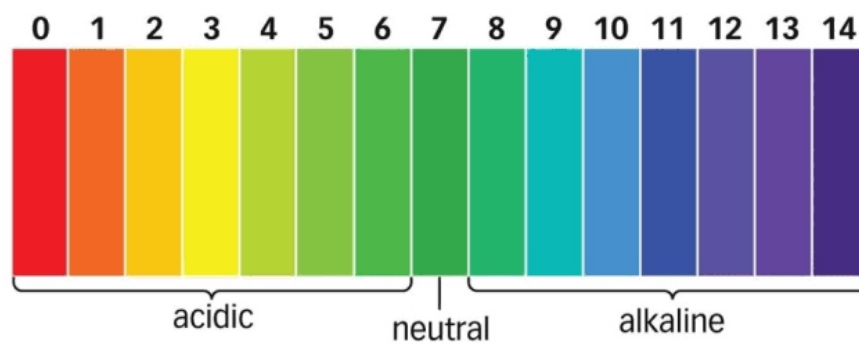


Ilustración 47. Escala de pH. Fuente: pHmetro Top

En las pruebas realizadas para esta investigación se usó agua desionizada la cual se diferencia del agua destilada no solo por el pH que presentan, sino también, por la forma que han sido tratadas para su obtención. Por consiguiente, el agua destilada es aquella que se obtiene al llevar a cabo el proceso de ebullición dentro de un alambique para luego pasar a ser condensada purificando el agua. Las sales o contaminantes que pueda haber tenido el agua en algún momento se quedan precipitados en tanque de ebullición. Por lo tanto, el objetivo de este proceso de destilación, es evitar que el agua tenga elementos contaminantes llegando a alcanzar un pH de 5,8.

Por otro lado, el agua desionizada es aquella a la que se le han extraído elementos aniónicos y catiónicos mediante un proceso de intercambio iónico. Solo queda en su estructura el ión (+H), sin embargo, puede presentar compuestos orgánicos. Con respecto al pH que se logra inmediatamente después del proceso de deionización es de 7, sin embargo, al estar en contacto con el dióxido de carbono del aire, se acidifica a un pH de 5,6.

De esta manera se procede a la titulación para llegar a la neutralización del agua estableciendo los parámetros adecuados para la elaboración del jabón.

Medición

Una vez obtenidas las saponinas, inmediatamente se tomó el pH de cada una de ellas para establecer su neutralización para su aplicación en el material de prueba. Se usaron tanto los papeles indicadores como el pHmetro.

En la siguiente tabla podremos ver los resultados de las tomas de pH según el tipo de quinua de donde se extrajo la saponina.

Muestra	pH inicial
A1	5.07
A2	6.62
A3	6.44
A4	5.67

Tabla 7. Cada muestra de quinua con su pH respectivo. Se puede observar que las saponinas tienen un pH ácido, casi neutro. Sin embargo, será importante su neutralización. Tabla: fuente propia.

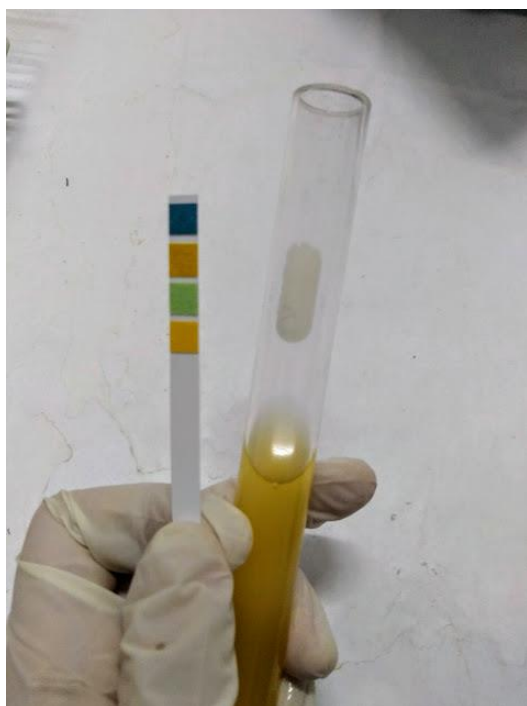


Ilustración 48. Introducción del papel indicador a la muestra de saponina. Foto: fuente propia.

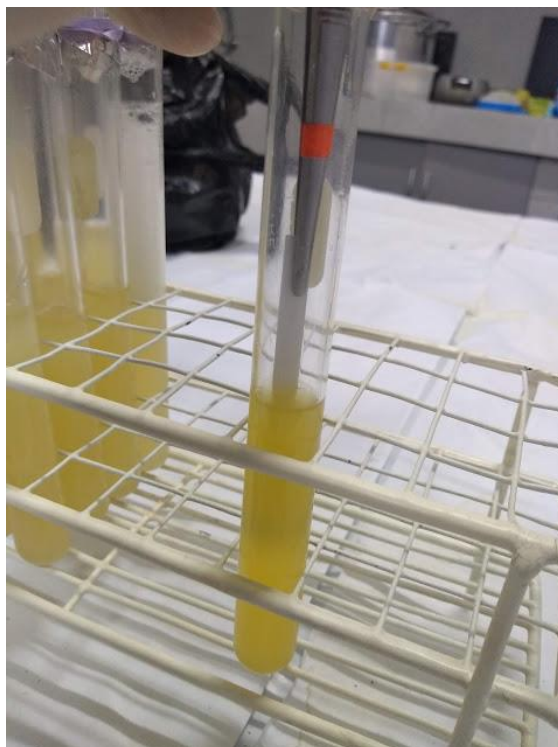


Ilustración 49. Medición de pH con los papeles indicadores de pH. Foto: fuente propia.

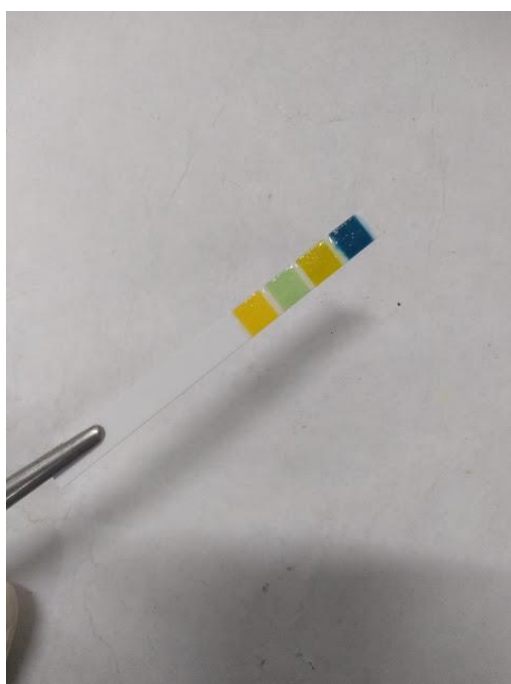


Ilustración 51. Cambio de tonalidad en el papel indicador. Foto: fuente propia.



Ilustración 50. Comparación con la escala de pH. Foto: fuente propia.



Ilustración 52. Ejemplo de medición con pHmetro.
Foto: fuente propia.

Saponinas

a) Prueba de espuma

La prueba de espuma se realiza para determinar de manera cualitativa la cantidad y su calidad. Se tomó 5 ml de cada muestra los cuales se depositaron en un tubo de ensayo. Se procede a agitar cada uno por 5 minutos, luego se mide la altura de cada uno de ellos. Posteriormente, se deja reposar otros 5 minutos para observar la calidad de la espuma.

	MEDIDA DE LA ESPUMA (cm)			
	A1	A2	A3	A4
L1	6.5	7.5	4.3	1.5
L2	9	6.5	4.8	0.5
L3	7	5	3.7	0.1

Tabla 8. Medida de la espuma de cada una de las muestras. En el siguiente cuadro la letra “L” significa el lavado que se hizo seguido por el orden de manera numeral. Por lo tanto, L1 se interpreta como el lavado número 1, L2 como el lavado número 2 y L3 como el lavado número 3. Tabla: fuente propia.

Mediante la tabla podemos demostrar que a veces en el primer proceso de desaponificado no obtenemos mayor cantidad de saponina; por el contrario, es en el segundo proceso de desaponificado donde se obtiene mayor cantidad, probablemente por el tiempo prolongado de remojo al que se someten los granos; en el tercer lavado, la cantidad va decreciendo. Por lo tanto, cualitativamente en el primer lavado el orden, en cuanto cantidad de espuma medida, es A2, A1, A3 y A4. Mientras que en el segundo proceso el orden será A1, A2, A3y A4 y de igual modo para el tercer proceso de desaponificado.



Ilustración 53. Espuma como resultado de la agitación de la muestra de saponina. Foto: fuente propia



Ilustración 54. Medición de la cantidad de muestra en el tubo de ensayo. Foto: fuente propia

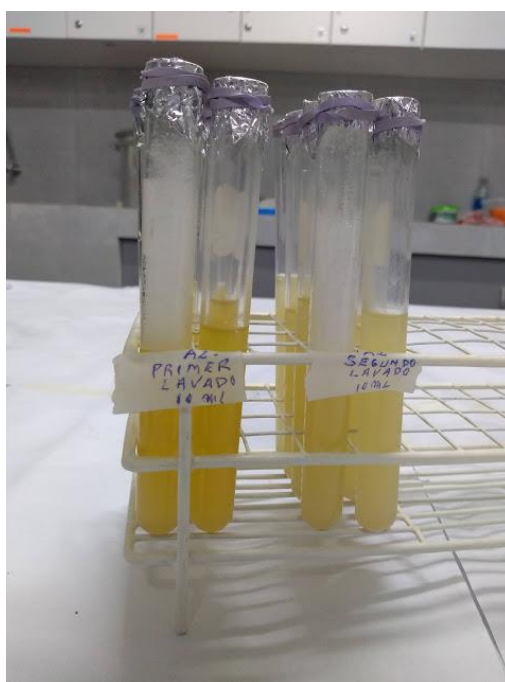


Ilustración 55. Tubos de ensayo con muestras ya agitadas para la medida de espuma. Foto: fuente propia.

b) Espectrofotometría

Las pruebas de espectrofotometría fueron realizadas por el biólogo genetista, investigador del Laboratorio de Fisiología de la Reproducción de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Christian Emilio Cancho Ccaico. Dicho sea de paso, las pruebas se realizaron en este último sitio mencionado.

En la espectrofotometría el reactivo color es empleado para proporcionar color a un reactivo que carezca de ella, es importante para dar lectura por medio del espectrofotómetro (Modelo UNICO; Serie 2100/2100UV Spectrophotometer. Esta prueba ayudará a resolver la concentración de cada muestra obtenida de manera cuantitativa. Se hace uso de reactivos para poder caracterizar a la sustancia en cuestión y determinar la cantidad de esta por muestra. La solución de este reactivo es de 5:1 de ácido sulfúrico al 98% dan y anhídrido acético al 97% en el orden respectivo.

Ya que, los reactivos se adquirieron al 100% de pureza, se realizaron¹⁹ ajustes para obtener el porcentaje adecuado. Para 250 ml de ácido sulfúrico al 98%, se separaron 245ml de ácido y se agregaron 5ml de agua desionizada. En el caso del anhídrido acético, su obtención al 97% en 50ml, se separó 48.5ml de anhídrido agregando 1.5ml de agua desionizada.

Para el montaje de lectura de las muestras se arma con 0.5ml de la muestra y 1,5ml de reactivo de color.



Ilustración 57. Dilución de las muestras.
Foto: fuente propia



Ilustración 56. Espectrofotómetro en calibración. Foto: fuente propia

c) Curva de calibración

Para determinar la curva de calibración, se realizó un aprueba estándar de saponina para tener un punto de referencia y de esta forma determinar la concentración de las demás muestras. Se procede a disolver 20 g de polvo de saponina en 10 ml. de agua desionizada. Por lo tanto, tenemos 2 g por mililitro de agua.

En el espectrofotómetro tenemos una longitud de onda de 528 nm y un valor de absorbancia de 0.010 de nuestra referencia en blanco (no contiene saponina, solo es agua desionizada). Para la realización del montaje en el espectrofotómetro, se coloca la muestra en blanco y de forma

continua las muestras con 0.5 ml de saponina más 1.5 ml de reactivo de color en los prismas de vidrio.

				X	Y
Dilucion	Absorvancia	Factor de dilucion	Absorbancia - Blanco	ABSORBANCIA	Peso (ug)
-3	0.605	2.4200	2.410	2.410	3.1250
-4	0.290	1.1600	1.150	1.150	1.5625
-5	0.130	0.5200	0.510	0.510	0.7813
-6	0.070	0.2800	0.270	0.270	0.3906
-7	0.053	0.2120	0.202	0.202	0.1953
-8	0.060	0.2400	0.230	0.230	0.0977
-9	0.053	0.2120	0.202	0.202	0.0488
-10	0.029	0.1160	0.106	0.106	0.0244

Tabla 9. Resultados de la curva de calibración. Tabla: fuente propia.

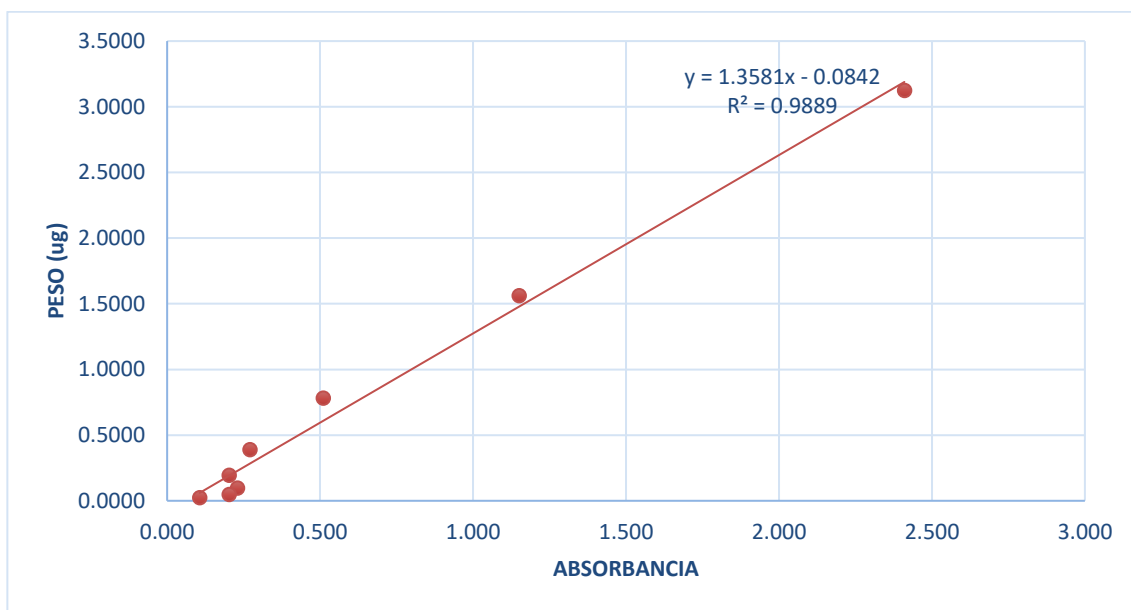


Tabla 10. Resultados de la curva de calibración de manera gráfica.

Gráfico: fuente propia.

d) Lectura de las muestras

Para la lectura de las muestras²⁰, se tomaron en cuenta los dos primeros procesos de desaponificación de cada quinua la cual determinaremos como, por ejemplo, A1L1 y A1L2 donde A1 determina el tipo de quinua usado y L1 es el primer proceso de lavado de A1. Esta codificación se dará con cada tipo de proceso. Se hicieron en total 8 lecturas con una longitud de onda de 528 nm con una velocidad de lectura de 1 nm/s. En el siguiente cuadro se expresa los resultados obtenidos de cada una de las pruebas. Se tiene en cuenta que para la lectura de algunas muestras se tuvo que agregar un factor de dilución por la fluctuación inestable de los resultados traduciéndose en una alta concentración de esta. Para el A1L1 su factor de dilución fue x2, para el A2L1 fue x4, para el A3L1 fue x2.

Tras las pruebas se pudo determinar que la muestra A2L1 tiene una concentración más alta de saponina entre todas las muestras, mientras tanto el A4L2 tiene la concentración más baja y eso se expresa también en la medida de su espuma por agitación.

²⁰ Para la lectura, las muestras se componen de 0,5 ml de muestra de saponina y 1,5 ml de reactivo de color.

			ABSORBANCIA	ABSORVANCIA CORREGIDA (FD = *4)	ABSORBANCIA AJUSTADA	media de absorbancia	Peso (ug) en 500uL	En 1ml (ug)	50ml	peso de saponina en 50ml en (mg)
LAVADO 1	Quinoa 1	R1	1.400	5.600	5.590	5.412	7.266	14.532	726.584	0.727
		R2	1.414	5.656	5.646					
		R3	1.520	6.080	5.000					
	Quinoa 2	R1	3.400	13.600	13.590	14.097	19.060	38.121	1906.048	1.906
		R2	3.420	13.680	13.670					
		R3	3.760	15.040	15.030					
	Quinoa 3	R1	0.538	2.152	2.142	2.201	2.905	5.809	290.453	0.290
		R2	0.540	2.160	2.150					
		R3	0.580	2.320	2.310					
	Quinoa 4	R1	0.156	0.624	0.614	0.599	0.730	1.460	72.975	0.073
		R2	0.148	0.592	0.582					
		R3	0.153	0.612	0.602					
LAVADO 2	Quinoa 1	R1	0.163	0.652	0.642	0.638	0.782	1.565	78.227	0.078
		R2	0.160	0.640	0.630					
		R3	0.163	0.652	0.642					
	Quinoa 2	R1	0.930	3.720	3.710	2.310	3.053	6.106	305.301	0.305
		R2	0.410	1.640	1.630					
		R3	0.400	1.600	1.590					
	Quinoa 3	R1	0.090	0.360	0.350	0.377	0.427	0.855	42.735	0.043
		R2	0.100	0.400	0.390					
		R3	0.100	0.400	0.390					
	Quinoa 4	R1	0.030	0.120	0.110	0.113	0.069	0.138	6.881	0.007
		R2	0.039	0.156	0.146					
		R3	0.023	0.092	0.082					

Tabla 11. Lectura de cada muestra tratadas en el espectrofotómetro. El último cuadro es el resultado en cuanto cantidad de saponina que hay en 50ml de agua por muestra expresado en miligramos. La absorbancia corregida será el resultado de la ABS x FD donde el FD=4 (absorbancia multiplicado por el factor de dilución). paralelamente la absorbancia ajustada será la ABS corregida menos el blanco (0.01).

Mediante esta tabla podemos observar las concentraciones de cada una de las muestras determinando lo siguiente:

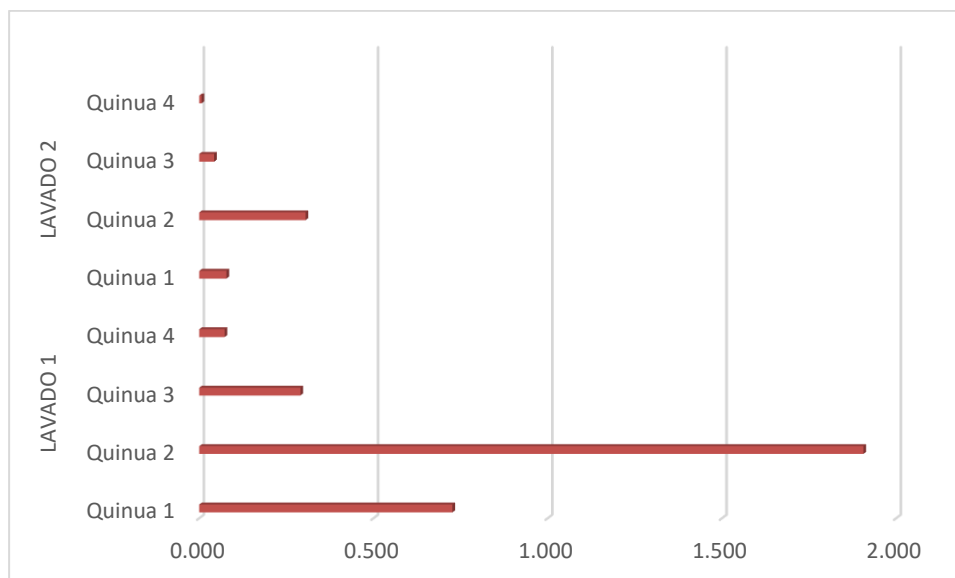


Ilustración 58. La muestra A2 tiene mayor cantidad de saponina tanto en L1 como en L2, por lo tanto, es la que tiene la mayor concentración a comparación de las demás muestras. La quinua A1 tiene la mayor concentración de saponina en L1 después de la muestra A2. La muestra A3 tiene menor concentración de saponina tanto en L1 como en L2 a comparación de la A1 y A2. La muestra A4 es la que presenta menor concentración de saponina a comparación con las demás muestras. Esto también se demuestra en la prueba de espuma donde se obtiene 1.5cm. y 0.5cm. de altura.

CAPÍTULO VI: PRUEBA DE CAMPO

6.1. Material de prueba

Los materiales que se encuentran en el campo de la textilería precolombina son básicamente de origen animal y vegetal, por lo tanto, es importante conocer su composición antes de realizar una intervención para saber el modo de actuar. Para las pruebas de campo se usaron fibras de lana de oveja y un textil precolombino de fibras de algodón, ambos de materia natural.

TIPOS DE FIBRAS TEXTILES	
Naturales vegetales	Blandas: Algodón, lino. Duras: Yute, henequén, cáñamo.
Naturales animales	Ovinas: Lanas finas, medianas y gruesas. Caprinas: Angora (mohair), cashmere, pelo. Camélidos: Alpaca, llama, vicuña, camello. Gusano de seda (<i>Bombix mora</i>).
Artificiales	Regeneradas: Celulósicas (rayón y acetato), proteínicas (soya, cacahuate). Sintéticas: Poliamídicas (nylon), poliacrílicas (orlón, acrilán), poliésteres (dacrón, trevira, kodel).

Tabla 12. Tipos de fibras. Fuente: *La lana*. Gonzales, X. (2015)

6.1.1. Algodón

El algodón ha venido siendo desde la antigüedad una de las materias primas más importantes para la manufactura de prendas de vestir en el arte textil. Su nombre proviene del árabe *al qutn*, probablemente tenga un origen en el Oriente. Existen una amplia gama de colores desde blancos, cafés,

verdes, etc. que en Perú, los últimos tiempos, se han ido confirmando gracias al trabajo arqueológico dentro de nuestra costa.

Del género *Gossypium* y especies varias, se origina en América Tropical, Asia y África; se pueden clasificar de manera general en norteamericano, indio, egipcio o sudamericano. En el Perú, existen principalmente dos tipos de algodón que se producen y exportan como insumo para fines en la industria textil, aceitera y pecuaria. Una de las clases más importantes es la Pima por su tendencia frutera, además de tener hebras largas y finas. Por otro lado, el Tangüis se usa principalmente para la realización de tramas en los tejidos, polos finos, telas para la confección de sastres.

	PIMA	SUPIMA	TANGÜIS	DEL CERRO	ASPERO
FIBRA	Extra larga		Larga		
LONGITUD (mm)	38.10 a 41.27	36.52 a 38.1	29.36 a 32.54	33.34 a 36.51	26.18 a 26.99
RESISTENCIA (Pressley)	92.5 a 100	94 a 100	86 a 88	92 a 95	80 a 83
FINURA (Micronaire)	3.3 a 4.0	3.4 a 4.0	4.6 a 5.8	3.3 a 3.8	6.3 a 6.9
COLOR	Blanco cremoso	Blanco cremoso	Blanco	Blanco brillante	Variable
ZONAS PRODUCTORAS	Piura	Piura	Ancash Lima Ica Arequipa	Lambayeque	San Martín

Tabla 13. En la siguiente tabla se presentan las diferentes clases de algodón en Perú y algunas de sus características principales para su clasificación y finalidad en la industria textil. Fuente: MINAGRI



Ilustración 59. Fotografía del algodón maduro. Fuente: <https://rabinoisaacwahnon.wixsite.com/hadarlebush/fibras-textiles?lightbox=dataItem-ioy4s9o0>

Estructura química de la fibra

Las fibras de algodón están compuestas principalmente de celulosa la cual es un hidrato de carbono $(CH_2O)_n$, producto orgánico y material más abundantes de la naturaleza; dentro de este grupo también se incluyen los azúcares y el almidón. Se expresa como polímero hecho de una larga cadena de moléculas de glucosa unidas por puentes entre el carbono 1 y el carbono 4 mediante el oxígeno que da como resultado la eliminación de moléculas de agua.

Esta macromolécula es fundamental para la estructuración de la pared de las células vegetales en plantas, maderas y fibras naturales²¹, además se puede encontrar junto a otras sustancias como la lignina, hemicelulosa, pectinas y ácidos grasos.

²¹ La celulosa es un polímero natural, dentro de las fibras que las contienen también están el lino, yute, cáñamo y ramio a un 60% – 90%.

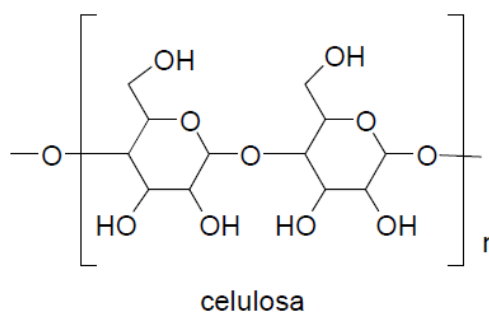


Ilustración 60. Estructura de una celulosa, traducción de $(CH_2O)_n$

La insolubilidad en el agua de la celulosa se debe a su tendencia a formar puentes hidrógenos entre los grupos OH de las moléculas las cuales, al no estar libres, no pueden ser diluidas. Sin embargo, se observa que las fibras se hinchan ya que el agua llega a penetrar las fibras mediante los espacios interfibrilares.

CELULOSA	88 - 96%
AGUA	6 - 8%
COMPUESTOS MINERALES	1 - 18%
COMPUESTOS NITROGENADOS	1 - 2.8%
MATERIAS PÉPTICAS	0.4 - 1%
GRASAS Y CERAS	0.5 - 1%
PIGMENTOS - MOTAS	0.5 - 1.0%

Tabla 14. El siguiente cuadro nos indica la composición de las fibras de algodón. Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/1/capitulo1.pdf>

Estructura física de la fibra

Para hablar de la estructura física de la fibra de algodón, se debe detallar su morfología, en la cual se pueden establecer seis partes. La capa más externa es la cutícula, la pectina y proteínas son partes principales de su estructura. Seguidamente, se puede encontrar una pared celular primaria de celulosa mucho más delgada, de esta depende la organización y formación de los capilares los cuales ayudarán a la extracción de líquidos.

Una de las capas más gruesas es la S1 o “capa enrolladora”, seguida de la S2 la cual consiste en varias capas concéntricas de celulosa dando lugar a la fibra principal del algodón. Estas se van alineando al establecer el largo máximo de la fibra. La pared o capa S3 separará la S2 del lumen haciendo a la fibra más resistente, mientras que el lumen será el canal que se distribuye a lo largo de la fibra; cuando el fruto maduro del copo se abre y seca, el lumen reacciona naturalmente dejando el espacio característico de la fibra de algodón.

En cada una de estas partes, a lo largo de la fibra, existen poros capilares de tamaños diversos haciendo que la fibra de algodón parezca una esponja haciendo que los líquidos y vapores accedan con facilidad atrayéndolo hacia dentro de las fibras.

ESTRUCTURA DE LA FIBRA	
CUTÍCULA	Sirve como recubrimiento suave y resistente al agua. Protege al resto de la fibra.
PARED PRIMARIA	Está compuesta por una red de fibrillas que son resistentes a los ácidos.
ENVOLTURA	Es la primera capa de engrosamiento secundario.
PARED SECUNDARIA	Consiste en capas concéntricas de celulosa; constituyen la porción principal de la fibra.
LUMEN	Se transportan los nutrientes durante el crecimiento.

Tabla 15. Información general sobre los roles que cumplen cada una de las partes de la fibra de algodón. Fuente: MINAGRI

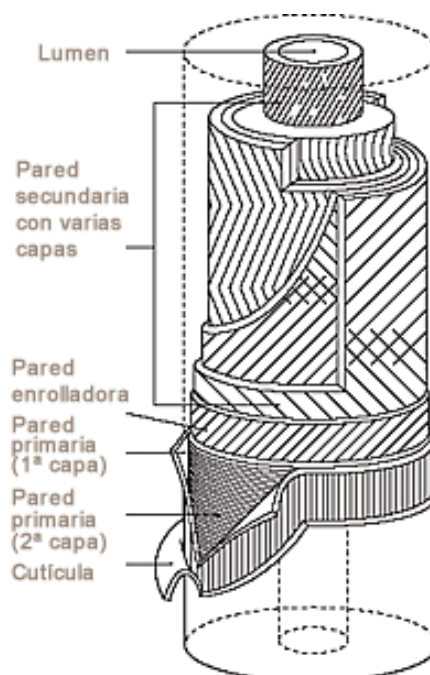


Ilustración 61. Ilustración 56. Estructura de una fibra de algodón. Fuente: <http://es.cottoninc.com/Cotton-Nonwoven-Technical-Guide-es/>

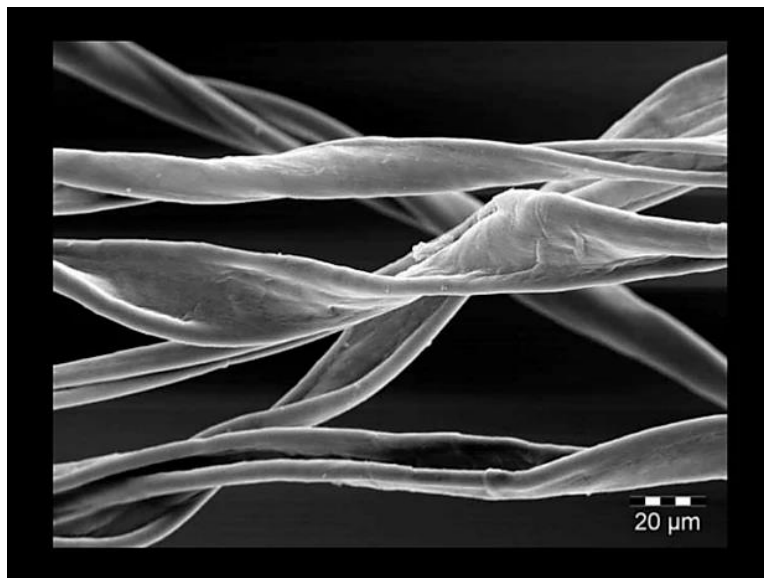


Ilustración 62. Vista al microscopio digital a 20 micras. Fuente: <https://rabinoisaacwahnnon.wixsite.com/hadarlebush/fibras-textiles?lightbox=dataItem-ioy4s9o0>



Ilustración 63. Vista del corte transversal de las fibras de algodón donde podemos observar el lumen y la forma en "u". Fuente: <https://rabinoisaacwahnnon.wixsite.com/hadarlebush/fibras-textiles?lightbox=dataItem-ioy4s9o0>

Características generales

- **Color:** El color de las fibras de algodón depende del grado de reflectancia la cual indica cuanto brillo u opacidad tienen, van entre

blanco y cremoso. Mediante el color también se puede indicar el grado que tiene el algodón el cual depende del contenido de impurezas.

- **Forma:** Bajo el microscopio tiene un aspecto de cinta aplastada granulosa con bordes muy gruesos. Su aspecto retorcido se va pronunciando mientras mayor sea el grado de madurez.
- **Corte transversal:** Al observar la fibra de algodón mediante una sección transversal, esta presenta forma de “u” con un canal central llamado lumen por donde se llevarán los nutrientes durante el crecimiento del fruto.
- **Resistencia:** Es la medida que se determina mediante el HVI²² cuyo resultado se expresa en gramos por TEX. Las fibras pueden llegar a tener una resistencia de 3.5 a g/d la cual llega a aumentar en 20%. Cuando tiene mayor a 31 gramos por TEX, es muy resistente.
- **Finura:** Varía entre 16 a 20 micras, además es indirectamente proporcional a su diámetro.
- **Higroscopicidad:** Es la cantidad de agua que puede llegar a absorber a 21°C y 65% de HR. Puede llegar a absorber de 7 a 8.5% de humedad. Esto es debido al número de grupos oxidrilo los cuales atraen el agua, esto hace a la fibra confortable en días cálidos, además de tener un secado lento ya que la humedad absorbida debe ser

²² Instrumento de alto volumen que ayuda a clasificar el algodón para determinar su calidad. Consiste en un sistema automatizado la cual determina cada una de las características a manera de dígitos. Obtenido de: Salazar, (2001). *Medición de características de la calidad de fibra con base en H.V.I.* Recuperado https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17906/42566_46622.pdf?sequence=1&isAllowed=y

evaporada. Esta última característica le otorga la facilidad de ser teñida en colorantes acuosos.

- **Elongación:** Es el incremento en la longitud durante el ensayo de resistencia. Puede llegar a elongar entre 3 a 7%.
- **Elasticidad:** Puede llegar a un alargamiento entre 20 a 50% antes de su rotura.
- **Longitud de fibra:** Esta característica varía según factores genéticos llegando a clasificarse de la siguiente manera. La fibra muy corta es menor a 19 mm; la fibra corta es de 20.6 a 23.8 mm; la fibra larga es de 28.6 a 35 mm y la más larga o extra larga es mayor a 35 mm. Esta última puede llegar de 1000 a 300 veces su diámetro.
- **Uniformidad:** Es la forma en como están distribuidas las fibras en cuanto a tamaño. Está ligada a la longitud de la fibra existiendo dos medidas, Uniformity ratio y Uniformity Index.
- **Micromaine:** Relacionada a la finura y la madurez de la fibra, se determina mediante resistencia al flujo de aire que ofrece una muestra de peso y volumen conocido dentro de una cámara porosa.
- **Suavidad:** Es directamente proporcional al estado de formación de la cutícula, por ende, en el grado de madurez de esta. De este también se expresa que los algodones brillantes son mucho más suaves que los mate.

6.1.2. Lana de oveja

Es una fibra de origen animal la cual es considerada una de las mejores en cuanto calidad por su estructura química y física. Sus características, estudiadas a lo largo del tiempo, han hecho de esta un material noble, ya que, pueden obtenerse prendas de todo tipo, accesorios, tapetes, bolsos, etc. Se conoce el uso recurrente de la landa oveja por ser barato y abundante.

Estructura química de la fibra

Químicamente se encuentra compuesta por proteínas, polímeros de alto peso molecular unidos por 22 aminoácidos aproximadamente por medio de enlace peptídico formando cadena. Una de las proteínas principales es la queratina, dentro de los aminoácidos principalmente se encuentran los azufrados (dos clases diferenciadas por la cantidad de azufre que contienen), esenciales en su composición como la cistina la cual cumple un rol importante en la configuración de moléculas de proteína. Como subproducto del vellón de oveja se puede encontrar a la lanolina la cual es una cera natural producida por las glándulas sebáceas (de Lucas, Descripción, propiedades y características de la lana, 2013).

Estructura física de la fibra

Superficialmente es un sólido cubierto por pequeñas escamas ordenadas y solapadas a manera de protección contra todo tipo de daños. Sobre esta se dispone una fibra cerosa la cual impide el ingreso del agua en forma de líquido mientras que el agua en forma de vapor es fácilmente absorbida. La estructura interior, también llamado Córtex, representa el 90% de la fibra. Es el agrupamiento de células acomodadas en forma prolija uno al lado de la otra. La disposición y estructura de ambos tipos

de células durante el crecimiento de la fibra dentro del folículo genera la forma de “rizo o crim” (Elvira, 2010).

Las fibras de la lana son producidas por los folículos los cuales son estructuras propias de la epidermis formados por invaginación de la capa basal o germinativa de la epidermis. Estos se disponen a lo largo de toda la piel, penetrando profundamente en la dermis.

FOLÍCULO LIPOSO	
Folículo primario	Folículo secundario
Se presenta a los 50 días de vida fetal.	Se presenta a los 90 días de vida fetal
Termina maduración al momento del parto.	Termina maduración después del parto hasta 3-6 meses del recién nacido.
Musculo piloerector	No existe
Glándula sebácea	Glándula sebácea
Glándula sudorípara	No existe
Folículo piloso	Folículo piloso

Tabla 16. Diferencia entre folículos en la producción de fibras de lana de oveja.

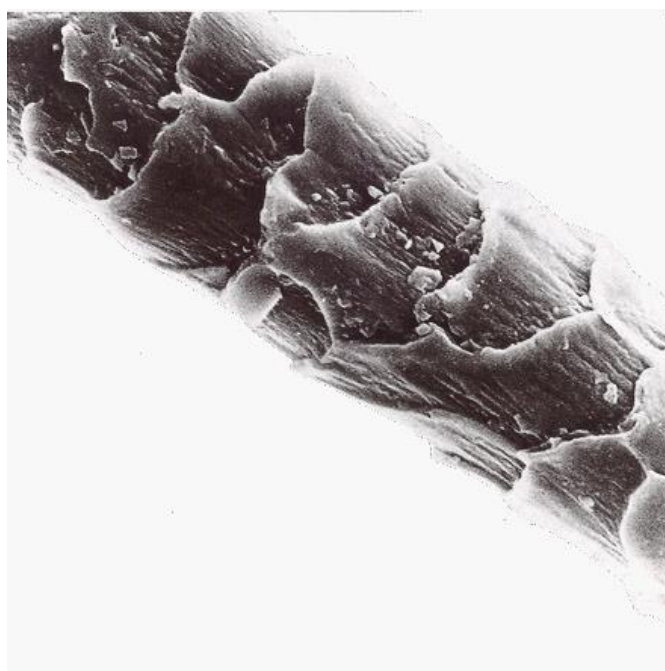


Ilustración 64. fibra de lana visto en microscopio de barrido. Fuente: *Tecnología de la confección textil.* de Perinat, María (2007)

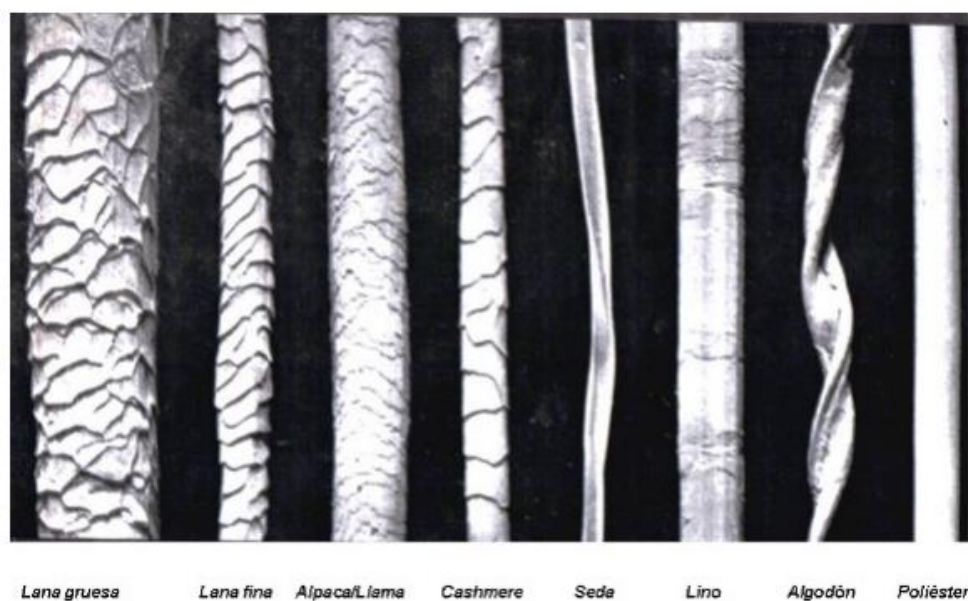


Ilustración 65. Imágenes del SEM de las fibras animal, vegetal y sintéticas más comunes. Fuente: *Metodología de identificación cuantitativa y cualitativa de fibras textiles naturales*. (2009)

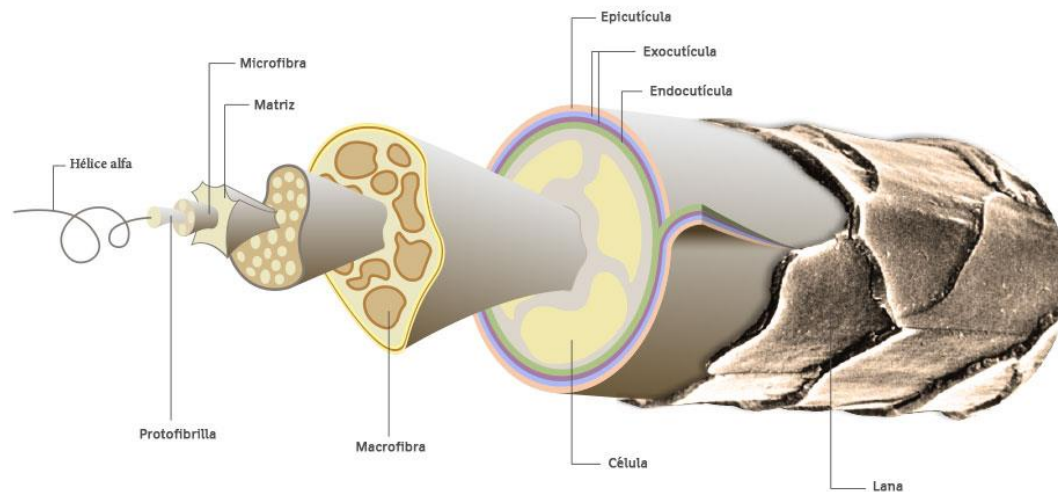


Ilustración 66. Estructura de la fibra de la lana de oveja. Fuente web: <http://www.military-beret.com/es/la-lana-merina/>

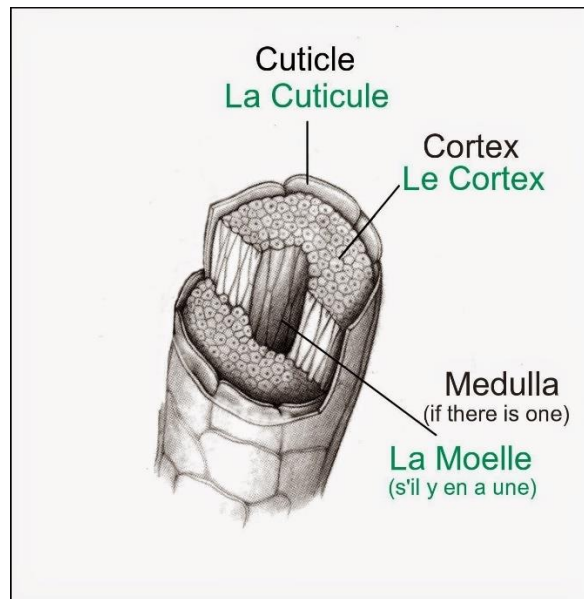


Ilustración 67. Observación y ubicación del Cortez en una fibra de lana de oveja. Fuente web: <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/01/capitulo-3-las-fibras-naturales-de.html>

Características generales

- **Longitud:** Esta puede variar de 1 a 6 pulgadas. Usualmente las fibras más largas y finas son usadas para la realización de hilos y telas.

Diámetro: Este puede variar entre los 10 a 50 micras.

- **Superficie:** La fibra de lana está cubierta por escamas a modo de placas curvadas en la parte superior dispuestas de manera irregular. Las fibras de mayor calidad suelen componerse por estas escamas que individualmente pueden llegar a rodear el pelo. Por otro lado, en las fibras más ordinarias estas escamas se superponen de manera desordenada.
- **Color:** El tono más común, en cuanto uso, es el crema por su blanqueamiento rápido y fácil, además de ser estable ante los químicos, la luz UV y el calor. La lana tiene un color crema, se utiliza

así con frecuencia debido a su gran sensibilidad a los blanqueadores, sin embargo, los vuelven amarillos con el paso del tiempo y las largas exposiciones.

- **Material vegetal:** La parte del estómago y la cabeza son las secciones con mayor material vegetal, ya que, la oveja al acostarse sobre su barriga, está en mayor contacto con el suelo. Usualmente, se encuentran manchas de tierra, semillas, palitos, contaminación, bolas de estiércol.

VELLÓN SUCIO		
IMPUREZAS	Producidas por el animal	Grasa Sudor Orina Cascarria
	Recogidas por el animal	Vegetales Tierra Arena
	Aplicadas sobre la lana	Baños y usos de pinturas no adecuadas

Tabla 17. Tabla de impurezas del vellón de oveja. Fuente: Descripción, propiedades y características de la lana. UNAM – 2013

- **Diámetro:** Se mide según qué tan fina o gruesa es. Mientras más grande sea la fibra, mayor escozor provocará; mientras más corta sea, más suave será. También puede determinarse la calidad obteniendo la medida en micras.

Propiedades generales

- **Resistencia:** Los textiles realizados con lana de oveja sufren menos arrugas al ser planchados. Resisten el lavado con jabones suaves, si es que son agitados o sometidos al calor, aunque se prioriza su lavado en seco, ya que, la humedad puede hacer que las fibras se encojan. Su cepillado o frotación puede dañar las fibras.
- **Ondulación y elasticidad:** La lana posee una ondulación natural, la cual produce la fuerza para el hinchamiento y la elasticidad (de Lucas, Descripción, propiedades y características de la lana, 2013). La lana tiene una excelente capacidad de alargamiento y recuperación elástica de las fibras. Cuando se aplica un esfuerzo a la tela, las fibras onduladas se alargan y las cadenas moleculares se desdoblan. Al retirarse ese esfuerzo, los enlaces entrecruzados atraen las fibras otra vez casi hasta sus posiciones originales.
- **Higroscopicidad o absorción de humedad:** Su higroscopicidad es la más alta en comparación con las demás fibras absorbiendo hasta un 30% de su peso. Al absorber humedad, da la sensación que no estuviese húmeda. Tienen una capacidad termodinámica las cuales les permite liberar calor al momento de la absorción del vapor de agua, mientras que bajo un clima cálido y seco la sensación que emitirán las fibras es de frescura (Elvira, 2010). Por otro lado, a pesar de absorber la humedad la lana repele los líquidos, ya que, sus fibras están cubiertas por una cera.

- **Conducción de calor:** Es la propiedad que tienen las fibras de lana de capturar el aire entre sus fibras en una prenda, ya que, de esta manera aísla a quien lo usa del calor o del frío.
- **Resiliencia:** La resiliencia de la lana es fundamental para dar calor. Las fibras de la lana se recuperan al ser aplastadas y la tela permanece porosa y capaz de incorporar aire. El aire en reposo es uno de los mejores aislantes, ya que, mantiene el calor corporal en la cercanía del cuerpo. La lana es un mal conductor del calor, de manera que el calor del cuerpo no se disipa con tanta rapidez (de Lucas, Descripción, propiedades y características de la lana, 2013).

En resumen, se pueden resaltar los siguientes puntos resumidos por el Ingeniero Químico Mario Elvira en su artículo sobre *De qué está hecha la lana y sus principales características textiles* (2010):

Una compleja y muy versátil estructura química y una compleja y excelente estructura física cuya superficie se encuentra conformada por escamas	Alta capacidad para absorber humedad y repeler en su superficie agua y/o líquidos	Durabilidad a pesar de la baja resistencia en las fibras	Ondulación natural o "crimp" en las fibras
Alta resistencia al fuego y excelente aislante al frío y al calor	Mayor confort debido a la aireación en los tejidos	Resistencia a la suciedad y fácil limpieza	Baja generación de electricidad estática
Alta capacidad de elasticidad y recuperación	Buena apariencia y retención de las formas de las prendas	Excelente "caída", suavidad y "tacto" en tejidos planos	Habilidad para ser afieltrada

6.2. Lavado de las fibras de oveja

6.2.1. Montaje

Para poder proceder a la aplicación de la saponina para el lavado se montaron fibras de lana de oveja²³ recién trasquiladas en porta objetos. Se procuró instalar la misma cantidad de fibras (100 a 150 fibras de lana de oveja) en cada una de las placas de vidrio extendiéndolas y aplicando pegamento sintético en cada extremo de la placa para mantener las fibras en tensión. Se instalaron un total de 8 portaobjetos rotuladas con el código correspondiente al nombre asignada por muestra y el número de lavado (solo se tomó en cuenta los dos primeros procesos de desaponificación de las muestras, ya que, las otras dos siguientes presentaban muy baja concentración de saponina). Para la elección de las fibras de lana de oveja se tomó en cuenta la cantidad de suciedad y adherencias de estas.

Se observó cada una de las muestras de fibra instaladas en el portaobjeto en un microscopio a 40x para poder establecer cualitativamente el porcentaje de suciedad que presentan antes del proceso de lavado.

²³ La lana de oveja que se usó para las pruebas de lavado y montaje es la de raza Merino, proveniente de Cusco.



Ilustración 68. Fibras de lana de oveja instaladas en el portaobjeto debidamente rotuladas. Foto: fuente propia

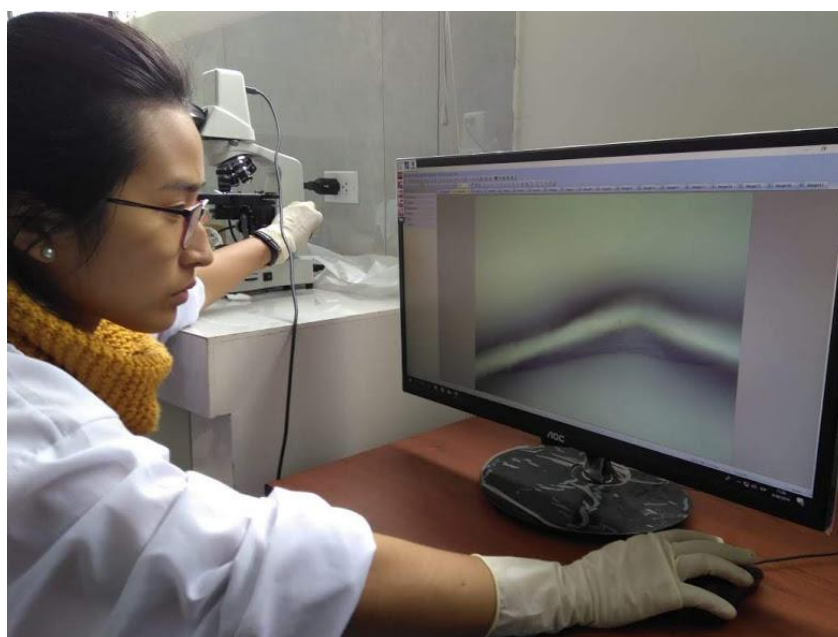


Ilustración 69. Observación por microscopio de las fibras de vidrio. Foto: fuente propia.

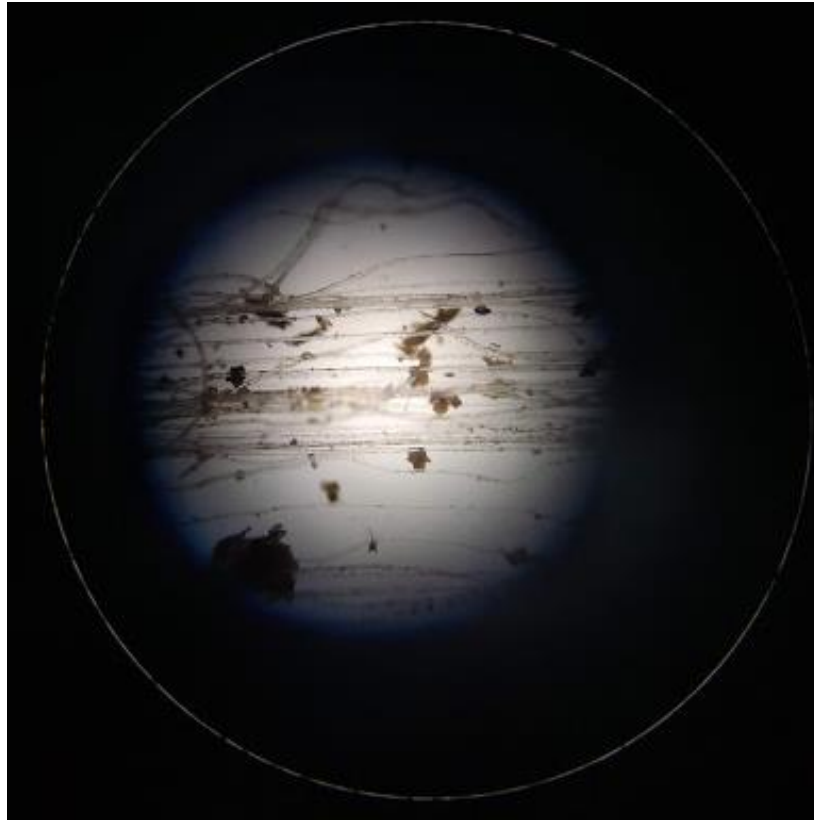


Ilustración 70. Vista directa desde el microscopio a 40x. Foto: fuente propia

6.2.2. Lavado de las fibras

En la tabla 18 se puede observar que las concentraciones de cada una de las muestras de quinua varían. Para poder hacer las pruebas de lavado es necesario igualar las concentraciones, de esta manera podremos establecer campos comparativos a nivel cualitativo. En el siguiente cuadro se establece la cantidad de agua desionizada aplicada a cada muestra que la necesite para la uniformidad de la concentración. Todas deben de llegar a 0.290mg. de saponina, la cual pertenece a la muestra A3L1 ya que es una de las concentraciones promedio que se llega a obtener, por lo tanto todas las muestras deben de llegar a la misma concentración para establecer parámetros comparativos bajo la misma cantidad de saponina de cada tipo de quinua.

MUESTRA	CONCENTRACION ORIGINAL	AUMENTO DE AGUA DESIONIZADA
A1L1	0.727	18.7
A1L2	0.078	0
A2L1	1.906	7.6
A2L2	0.305	47.5
A3L1	0.29	0
A3L2	0.043	0
A4L1	0.073	0
A4L2	0.007	0

Tabla 18. En el cuadro se puede observar la cantidad de agua desionizada que se agregará a cada una de las muestras para igualarlas. Las muestras de más baja concentración se mantendrán a ese nivel. Tabla: fuente propia

Para proceder al lavado, se llenaron frascos para muestras a 50 ml con la saponina obtenida. Se disponen los portaobjetos con las fibras montadas en cada uno de los frascos de manera individual, quiere decir que la muestra A1L1 rotulada en el portaobjetos se sumergirá en la muestra de saponina A1L1 y así consecutivamente. Se somete a agitación por un periodo de 5 minutos, se debe tener en cuenta que el procedimiento de agitación debe de hacerlo una sola persona, ya que, la intervención de una segunda persona interferiría con los resultados por la velocidad y la potencia que cada uno puede llegar a someter en este proceso.

Cada una de las muestras se sometió a dos lavados para poder determinar el porcentaje de suciedad en cada una de ellas y la calidad de las saponinas. Se observan bajo microscopio después de cada proceso de lavado. También se realizaron pruebas con muestras mucho más grandes de lana para ser sometido a análisis organoléptico.

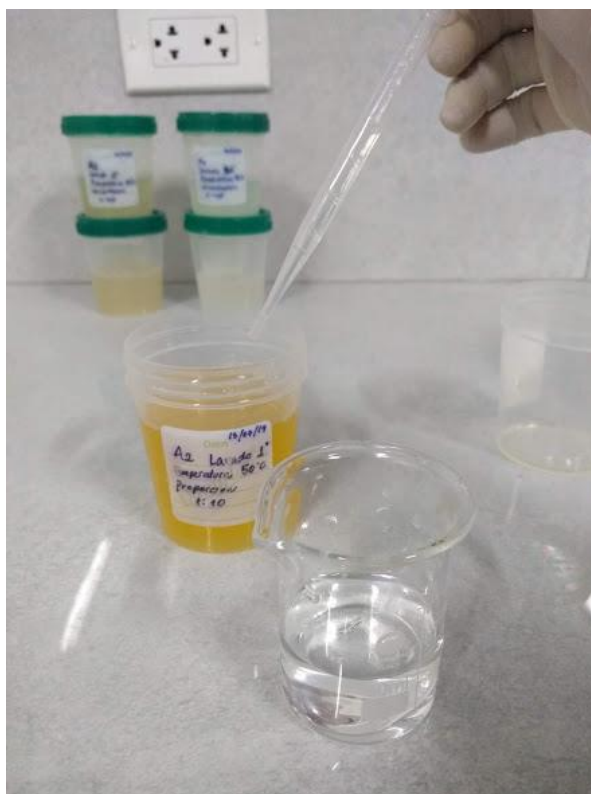


Ilustración 71. Cambio de concentración de las saponinas obtenidas. Foto: fuente propia



Ilustración 72. Inmersión de las muestras montadas en 50ml de saponina. Foto: fuente propia.

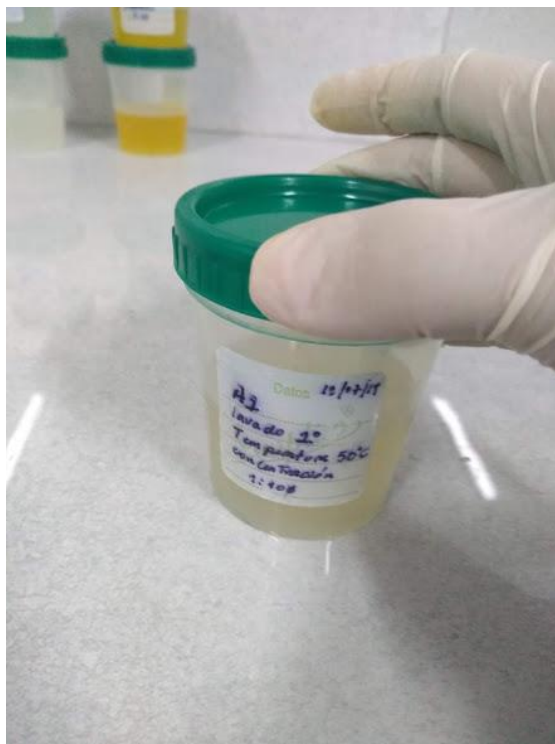


Ilustración 73. Se aseguran los frascos para la agitación. Foto: fuente propia

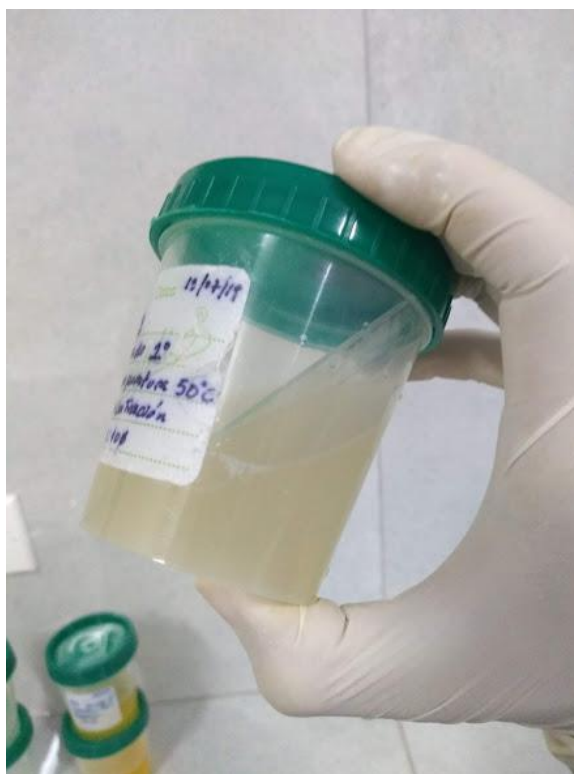


Ilustración 74. Proceso de agitación para el lavado de fibras. Foto: fuente propia



Ilustración 75. Retiro de las muestras montadas tras el primer lavado. Podemos observar la formación de espuma, indicio de presencia de saponina. Foto: fuente propia

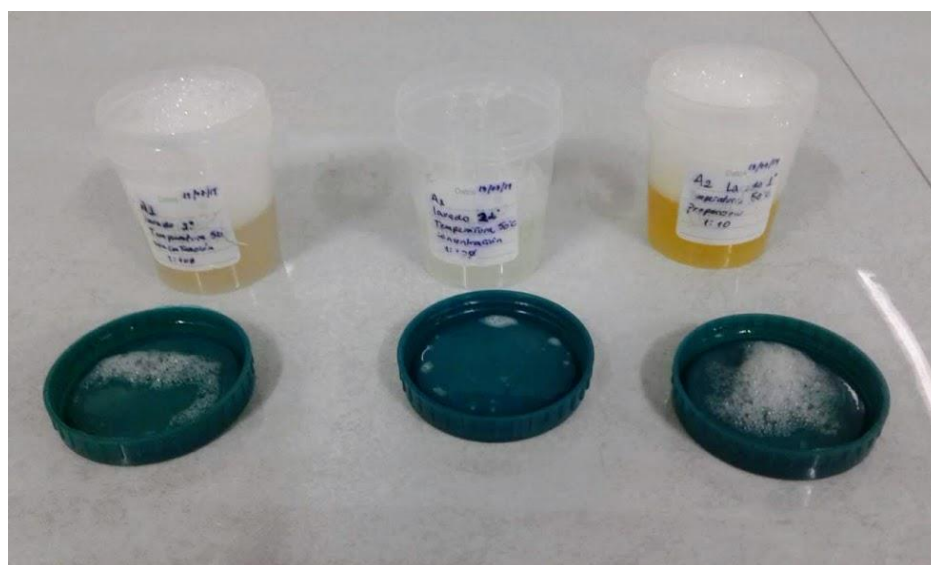


Ilustración 76. El mismo procedimiento se realiza con cada una de las muestras. Foto: fuente propia



Ilustración 77. Prueba con muestras más grandes de aproximadamente 5gr. Foto: fuente propia



Ilustración 78. Proceso de lavado. Foto: fuente propia



Ilustración 79. Lavado con saponina. Foto: fuente propia



Ilustración 80. Proceso de lavado mediante agitación. Foto: fuente propia.



Ilustración 81. Observamos la producción de espuma por la presencia de saponina. Foto: fuente propia



Ilustración 82. Presencia de suciedad y agentes externos a la lana precipitadas en el medio acuoso. Foto: fuente propia



Ilustración 83. Obtenemos resultados favorables. Foto: fuente propia

6.2.3. Resultados de lavado

Para proceder a hacer el análisis de cada una de las muestras, se sometieron a examen organoléptico. Todas las muestras tras su lavado (tanto primero como segundo) fueron vistas al microscopio a 40x. En algunas de las saponinas se muestra un mejor rendimiento en la primera lavada y otras, en la segunda. Para hacer la discriminación, se contabiliza el aproximado de fibras que se encuentran sucias y el porcentaje, quiere decir qué tan sucias están las fibras para establecer la calidad y rendimiento.

Para la lectura y comprensión del cuadro se establecer lo siguiente:

- Existen un aproximado de 20 fibras por montaje en el portaobjetos.

- Los números que se indican en el cuadro son aquellas fibras que aún se encuentran sucias.
- Al momento de la agitación para realizar los lavados, algunas fibras se enredaron con las macropartículas de suciedad evitando su pérdida.
- Solo se presentarán algunas de las imágenes obtenidas y el proceso de selección y descarte de las fibras según su estado.



Ilustración 84. La siguiente imagen muestra las fibras de lana de oveja a 40x antes de ser lavadas. Se puede observar la suciedad adheridas a las fibras, polvo, tierra, grasa. Hay que recalcar que se trata de pelo recién trasquilado del ovino. Foto: fuente propia.

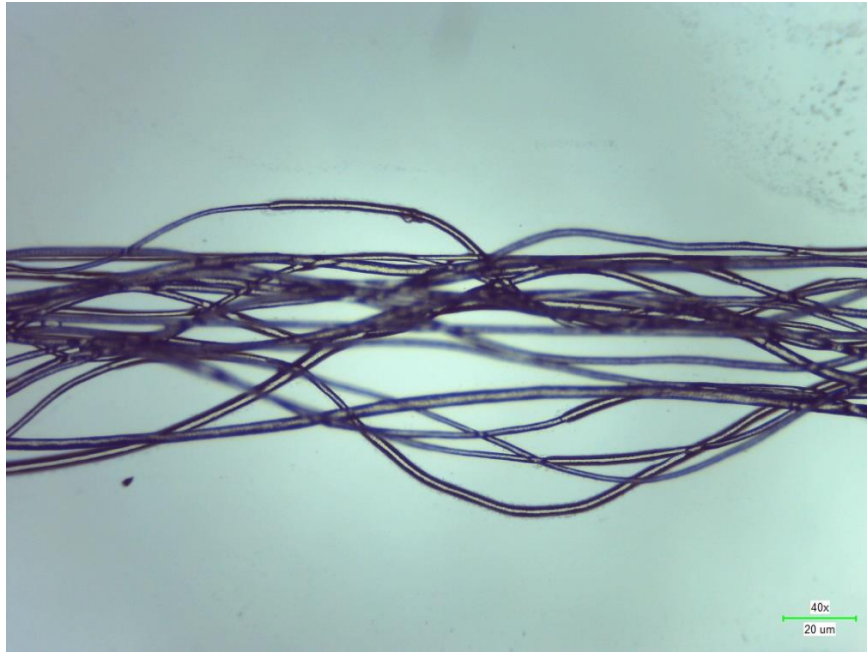


Ilustración 85. La siguiente imagen nos muestra las fibras de lana a 40x después de una primera prueba con la saponina de la quinua designada con el nombre A1. Podemos observar que ha cumplido su función como jabón retirando la suciedad casi por completo. Fuente: foto propia

			SUCIO	CASI SUCIO	CASI LIMPIO	LIMPIO
QUINUA 1	EXTRACCION 1	Lavado 1	3	8	5	4
		Lavado 2	0	5	10	5
		Enjuague	0	2	8	10
	EXTRACCION 2	Lavado 1	2	2	9	7
		Lavado 2	0	0	5	15
		Enjuague	0	0	3	17
QUINUA 2	EXTRACCION 1	Lavado 1	0	1	4	15
		Lavado 2	0	1	3	16
		Enjuague	0	0	4	16
	EXTRACCION 2	Lavado 1	0	0	3	17
		Lavado 2	0	0	2	18
		Enjuague	0	0	2	18
QUINUA 3	EXTRACCION 1	Lavado 1	1	3	7	9
		Lavado 2	0	1	5	14
		Enjuague	0	0	6	14
	EXTRACCION 2	Lavado 1	0	4	10	6
		Lavado 2	0	2	8	10
		Enjuague	0	2	7	11
QUINUA 4	EXTRACCION 1	Lavado 1	2	10	8	0
		Lavado 2	2	9	8	1
		Enjuague	1	8	10	1
	EXTRACCION 2	Lavado 1	0	2	7	11
		Lavado 2	0	1	8	11
		Enjuague	0	0	14	6

Tabla 19. En la siguiente tabla se demuestra de manera cuantitativa el número de fibras limpias que se encuentran en las muestras después del ensayo de lavado con saponinas. Se hizo el conteo y observación a través del microscopio electrónico. Fuente: propia

Según los resultados obtenidos se establece lo siguiente:

A1

- La saponina correspondiente a la quinua A1 no es eficaz en un primer lavado obteniendo un 0.6% de fibras aún muy sucias, por lo tanto, el rango de encontrar fibras limpias equivale a un 0.8%.
- En un segundo lavado existe una disminución del porcentaje de fibras sucias, por lo tanto, el rango de fibras limpias aumenta en un 0.1%.
- La segunda extracción de saponina ha resultado mucho más eficiente que la primera en cuanto su aplicación en el lavado. Esto podría traducirse en que, si se le concede más tiempo de remojo que la quinua A1, de esta se extrae mejor la saponina.

A2

- En la quinua A2 se puede ver un mejor rendimiento en la primera lavada, quiere decir que tiene una mejor saponina en comparación con los demás tipos.
- En el primer lavado con A2L1, el 75% de las fibras resultaron estar limpias. El porcentaje de fibras limpias según el número de lavados fue en aumento llegando a un 90% de las fibras limpias.

A3

- La quinua A3 presenta buenos resultados, pero a partir del segundo lavado de la primera extracción de saponina, se puede llegar a comparar con el A2.
- La segunda extracción (A3L2) mantiene la calidad de la saponina, pero a un porcentaje mucho menor.

A4

- La primera extracción usada para el primer lavado, muestra una mala calidad resultando el 50% de las fibras casi sucias y ninguna limpia.
- En el segundo lavado usando esta primera extracción, el aumento de fibras limpias no es muy considerable.
- Con la segunda extracción del A4, la eficiencia de la saponina mejora, pero aun así no se considera buena a comparación de las quinuas anteriores.

- No presenta cantidad de saponina considerable.

6.3. Lavado de textil de camélido

Por la manera de adquisición del tejido tomado como muestra para la realización del lavado, se denominará como descontextualizado. La disociación del patrimonio cultural en general, se debe a los constantes huaqueos o excavación clandestina en sitios arqueológicos. Dicho sea de paso, el tráfico ilícito y la venta de piezas provoca que muchas de estos bienes se vean disgregados perdiendo su contexto; en el caso de los textiles, se suele desmembrar en pedazos quedando solo aquellas partes que se encuentran en mejor condición o por lo atractivo que puedan parecer. Esto conlleva a un delito o actividad ilegal penada por la Ley del Patrimonio Cultural de la Nación²⁴

A. Descripción

Se presenta un tejido incompleto de 22 gr. con una medida de 18 cm. de largo por 8 cm. de ancho. No tiene una forma definida, por lo tanto, no se puede aseverar su función. Probablemente haya formado parte de una prenda mayor como es el caso del unku²⁵ o una bolsa, evidenciado por tener aproximadamente 200 orillos de urdiembre y 120 de trama.

²⁴ El artículo 5 que lleva por nombre “Bienes culturales no descubiertos” de la Ley del Patrimonio Cultural de la Nación N°28296 dictamina que los bienes culturales integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación, muebles o inmuebles no descubiertos, son de exclusiva propiedad del Estado. Aquellos que se encuentren en propiedad privada, conservan tal condición, sujetándose a las limitaciones y medidas señaladas en la presente Ley. Los bienes arqueológicos descubiertos o conocidos que a la promulgación de la presente Ley no son de propiedad privada, mantienen la condición de bienes públicos. Son bienes intangibles e imprescriptibles. La extracción, remoción no autorizada, comercialización, transferencia u ocultamiento de estos bienes, constituyen ilícitos penales.

²⁵ Vestimenta común usada por hombres, mujeres y niños en los Andes prehispánicos. Consiste en un paño tejido a telar, de forma rectangular, doblado a la altura de los hombros y cosido en los extremos laterales dejando una abertura para pasar los brazos (González de Holguín, 1989).

Se identificó como tapiz a la técnica usada para la elaboración de este tejido incompleto, también llamado como “cara de trama”. Para la ejecución de esta técnica la urdimbre se oculta por la trama, de esta manera de esta manera se crean las coloraciones por cambios de color (Desrosiers, 1992). Por la continuidad del tejido, se observa que se comprende el tapiz excéntrico ya que la trama se mueve en torno a las figuras zoomorfas creando un contorno a manera de movimiento.

El textil tiene la misma representación en el anverso y reverso. Presenta 3 franjas de color marrón - azul - marrón, en ese orden. Su iconografía es zoomorfa, mostrando en la franja superior marrón, una serie de 5 auquénidos completos. La siguiente franja de color azul oscuro sirve de fondo a los 5 pares de extremidades inferiores de los auquénidos indicados en la franja anterior. Finalmente, la última franja marrón presenta 5 venados de los cuales solo uno se presenta de manera completa, de los otros 4 solo se llegan a visualizar partes como astas, cabezas o el torso de uno de ellos. A este último grupo también se le suman las representaciones de 3 aves, posiblemente haya habido más, sin embargo, la pérdida de fibras también causó la falta de evidencia de que existieron más aves en esta sección.



Ilustración 86. Tejido incompleto donde se puede observar la iconografía y la disposición de las 3 franjas de color marrón, azul y marrón respectivamente. La parte inferior se encuentra incompleta por lo que ha perdido no solo parte del soporte, sino también de la iconografía.

B. Análisis técnico

Para determinar el tipo de fibra a la que pertenece el fragmento, se hizo análisis²⁶ con el uso de un microscopio óptico mediante la toma de muestras de una serie de pequeñas fibras desprendidas de diferente color. De esta manera, se precisa que el textil está compuesto de fibras de camélido por la morfología que se presenta y las características mencionadas al comienzo de este capítulo. Se realizaron exámenes organolépticos tomando muestras tanto de la trama como la urdimbre del textil comparándolas tanto con fibras de algodón y camélido para saber la procedencia. Se observaron bajo microscopio óptico a 40 px y 100 px. De esta manera se resuelve que tanto la trama como la urdimbre son de origen

²⁶ Los estudios realizados bajo microscopio óptico fueron realizados por la tesista en el Taller de Conservación y Restauración de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

animal, camélido, por la coloración continua de la médula a lo largo de la fibra.

Tanto las fibras de la trama como la urdimbre presentan una misma dirección de torción en “S” con un grado de 45° para la urdimbre y 35° para la trama. Además, se observan 35 fibras por cm² en la urdimbre y aproximadamente 40 fibras para el lado de la trama.

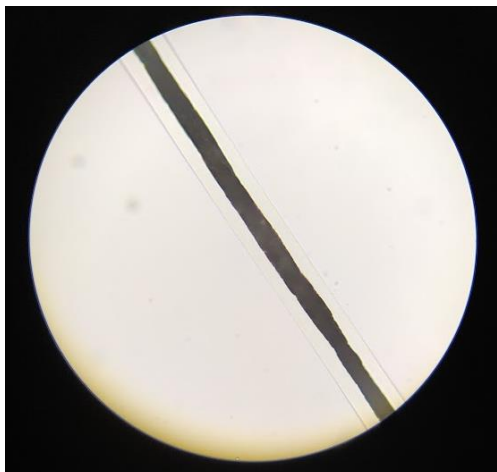


Ilustración 87 Vista bajo microscopio de la muestra de fibra de camélido para su comparación con la fibra del tejido a lavar.

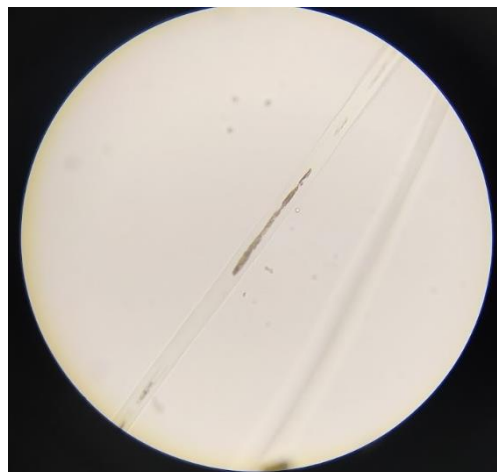


Ilustración 88 Vista bajo microscopio de muestra de fibra de camélido de coloración más clara para su comparación con la fibra del tejido



Ilustración 87. Montaje de muestra de fibras de textil para el examen organoléptico. Se cogieron muestras de distintos colores para poder determinar su origen. Fuente: foto propia.



Ilustración 90. Vista bajo microscopio electrónico a 100 px.. Fuente: foto propia.



Ilustración 88. Detalle de la fibra de camélido donde se ve la suciedad adherida, así como la tinción. Fuente: foto propia



Ilustración 89. Conjunto de fibras de color crema vista bajo microscopio electrónico. Fuente: foto propia.

C. Estado de conservación

Con respecto a su estado de conservación, tiene problemas tanto físicos, químicos y mecánico; sin embargo, se encuentra relativamente estable a pesar de las condiciones expresadas en la ficha de conservación presentada más adelante.

Se realizó la prueba de pH y el test de sangrado o solubilidad para saber si los tintes son estables y no corren el riesgo de pérdida de color bajo procedimientos húmedos, dicho sea de paso, se toma como punto de consideración esta última prueba para que en el momento de su almacenamiento los niveles de humedad sean los adecuados, de lo contrario se correría el riesgo de que los pigmentos se desvanezcan o migren de su lugar de origen.

Para la prueba de pH, se hidrataron dos zonas con diferente coloración para realizar una comparación y notar la existencia de distintos niveles de pH. Con un hisopo humedecido con agua neutra, se decidió probar en zonas que no comprometieran al textil. Luego, con presión, se colocaron las tiras de pH, de esta manera, se comprobó la acidez del bien teniendo un puntaje aproximado de 5 a 6 en la escala de pH.

La prueba de tinción o de sangrado cumple con el mismo procedimiento que la medición de pH. Se toman las mismas zonas que se humedecieron para la prueba de acidez para frotarlas levemente con un hisopo y de esta manera comprobar si hay o no desprendimiento de color. Bajo esta prueba en los colores crema y marrón, se pudo corroborar que no existe peligro alguno sobre los tintes, es la mera suciedad la que se indica en los hisopos.



Ilustración 90. Para la prueba de pH se hidrató levemente dos zonas de diferente coloración para luego hacer uso de las bandas de pH. Fuente: foto propia



Ilustración 91. Después de las pruebas se concluyó que tiene un pH entre 5 y 6 en la escala de pH, por lo tanto, es ácido. Fuente: foto propia



Ilustración 92. Para la prueba de sangrado o de tinción se usó la misma zona que se dispuso a humedecer para la prueba de pH. Con frotaciones leves se comprobó que no existe peligro o riesgo, lo que se retira es meramente suciedad. Fuente: foto propia.



Ilustración 93. Muestra de los hisopos de algodón usados para las pruebas de tinción o sangrado. Se observa que no hay desprendimiento de color o reacción ante agentes acuosos, solo se evidencia la suciedad. Fuente: foto propia.

Alteraciones Físicas: Presenta pérdida de elementos estructurales tanto de urdiembre como de trama provocando deshilado en la parte inferior (franja marrón). Esta pérdida estructural se evidencia mucho más en la urdimbre llegando a la separación de una porción considerable del total. El tejido se encuentra bajo condiciones de estrés por la resequedad evidenciada creando deformación a manera de ondas que se distribuyen a lo largo de esta. Pudieron ser provocadas por el incorrecto almacenamiento, una mala manipulación y la contracción del mismo por la resequedad que presenta bajo las condiciones de enterramiento en las que se pudo haber encontrado. El cambio de temperatura y una baja humedad relativa hace que el material orgánico como es el textil, tienda a perder humedad por lo tanto también pierde flexibilidad, esto hace que las fibras se vuelvan más frágiles. Las esquinas se encuentran dobladas con dirección al centro de la pieza. Hay presencia de suciedad como polvo, tierra, paja.

Alteraciones Químicas: El textil presenta problemas de oxidación que, junto a los problemas físicos ya expuestos, debilita las fibras provocando su descomposición. Los cambios de humedad y temperatura han logrado que el pH también tienda a acidificarse. Se evidencia oxidación en el textil por el cambio de color y desintegración del mismo.

Alteraciones Mecánicas: El textil presenta contracción de las fibras por el proceso de deshidratación del mismo alterando su forma.



Ilustración 94. Detalle de parte de la iconografía (2 auquénidos) y el estado de conservación en la que se encuentra el textil. Se pue observar suciedad superficial, oxidación de las fibras, desprendimiento. Fuente: foto propia



Ilustración 95. Foto detalle del textil donde se observa la iconografía (2 venados). Se observa el estado de conservación con deshilado, roturas y separación de las fibras. Oxidación, suciedad. Fuente: foto propia


FICHA DE DIAGNÓSTICO				
INVENTARIO Y CATALOGACIÓN:	No cuenta con uno	N° DE INVENTARIO		
OBJETO:	Textil	UNMSM	TX	1
ESPECIFICACIONES:	Fracción de textil precolombino	12/03/2020		
MEDIDAS				
PESO:	9 gr.	DIMENSIONES	LARGO:	18 cm.
			ANCHO:	9 cm.
CARACTERÍSTICAS				
FIBRA:	Camélido	TORCIÓN:	S	
PROCEDENCIA:	Descontextualizado			
ESTADO DE CONSERVACIÓN				
				
DESCRIPCIÓN:				
<p>El textil se encuentra tejido a manera de tapiz ya que se pueden observar las urdimbres más no la trama. Presenta 200 orillos de urdimbre y 120 de trama. Por la continuidad del tejido, se observa que se comprende el tapiz excéntrico ya que la trama se mueve en torno a las figuras zoomorfas creando un contorno a manera de movimiento. El textil tiene la misma representación tanto en revés como en reverso. Presenta 3 franjas de color marrón - azul - marrón, en ese orden. Su iconografía es zoomorfa, se traduce en serie de 1 venado completos y 4 incompletos (son un total de 5 venados), 3 aves visibles y 5 posibles auquénidos dispuestos en filas. Visto bajo el microscopio se puede observar que está realizada con pelos de auquénido, además de tener un promedio de 36 hilos por centímetro cuadrado.</p>				
ANÁLISIS TÉCNICO:				
<p>El fragmento de textil está hecho de pelo de camélido. Presenta torción en "S" tanto para la trama como la urdimbre, además de tener un grado de torción de 35 y 45° respectivamente. Se llegan a contar un aproximado de 35 fibras por cm2 en la urdimbre y 40 aproximadamente para la trama.</p>				
ESTADO DE CONSERVACION:				
<p>Presenta pérdida de elementos estructurales tanto en la trama como la urdimbre provocando deshilado y fragmentación de la parte inferior (color marrón con iconografía de venados). La resequeadad ha producido estrés en el textil provocando su ondulamiento y falta de flexibilidad volviéndose más frágil. El textil presenta problemas de oxidación debilitando las fibras provocando su descomposición. Los cambios de humedad y temperatura han logrado que el pH también se acidifique. La oxidación del textil se debe al posible contacto con un cuerpo de composición orgánica.</p>				

Ilustración 96 Ficha de diagnóstico. Fuente: Propia

6.3.1. Lavado

En las pruebas para determinar la quinua con mejor saponina en relación con las estudiadas en esta investigación, se concluyó que la que posee mayor efectividad es la quinua con el código asignado A2 la cual tiene un pH original de 6.62. En consecuencia, la intervención del fragmento de algodón se realizará con dicha saponina. Debemos tener en cuenta que se debe realizar la neutralización de la saponina para su aplicación por lo que se realizó dicho proceso usando hidróxido de calcio hasta obtener 7 pH.

Para poder iniciar con la desaponificación se siguieron los mismos pasos con los parámetros indicados para un mejor resultado. Se calentó el agua desionizada a 25°C y reposamos la quinua por 15 min para poder activar la saponina y así sea mucho más fácil su desprendimiento. Se cambió nuevamente el agua desionizada a la misma temperatura para comenzar con la fricción de los granos obteniendo así saponina.

Antes de iniciar el lavado²⁷, se realizó un montaje para poder desarrollar adecuadamente la intervención acuosa del textil. Para eso, se dispuso el textil entre capas de maya o red plástico y sobre estas otra de acero inoxidable para mejorar la resistencia y asegurar la posición del textil. Una vez asegurado, se sumergió progresivamente sobre la solución de agua–saponina a 25°C dejando que hidrate por 5 min. Seguidamente, se comenzó con la agitación lenta y constante por 15 min.

²⁷ “En la conservación moderna se abstiene de lavar tanto como sea posible. Se recurre al lavado cuando hay manchas de barro que no salen ni por aspiración ni con pinzas ni con pincel. El agua es entonces el mejor disolvente para impurezas ordinarias y para ciertas sales... Solo se someten aquellos tejidos que puedan resistir al manipulo al que tendrán que ser expuestos y cuyos colores sean fijos”. PNUD; UNESCO, (2011). *Los textiles precolombinos y su conservación*.

Para poder hacer el enjuague, se extrajo el excedente de saponina con papel absorbente para luego sumergirlo en agua neutra agitando por 5 min. Se repite este paso una vez más para asegurar que no queden residuos. Como última prueba, se realizó la medición de pH obteniendo un resultado de 6.20, esto se puede traducir en que hubo una basificación del textil logrando la estabilización de este.

Se volvió a analizar las muestras bajo el microscopio electrónico y se obtuvieron resultados positivos tras el lavado con la saponina de la muestra A2. Las fibras se encuentran limpias casi al 100% de estas.



Ilustración 90. Obtención y neutralización de la saponina de la muestra A2 para su uso en el lavado del fragmento. Fuente: foto propia



Ilustración 97. Montaje del textil entre las mayas de plástico y acero inoxidable para mejorar la resistencia. Fuente: foto propia



Ilustración 99. Montaje por capas del fragmento de textil entre las mayas de plástico y acero inoxidable para el proceso de lavado. Fuente: foto propia



Ilustración 98. Inmersión e hidratación del textil por 5 min. Fuente: foto propia

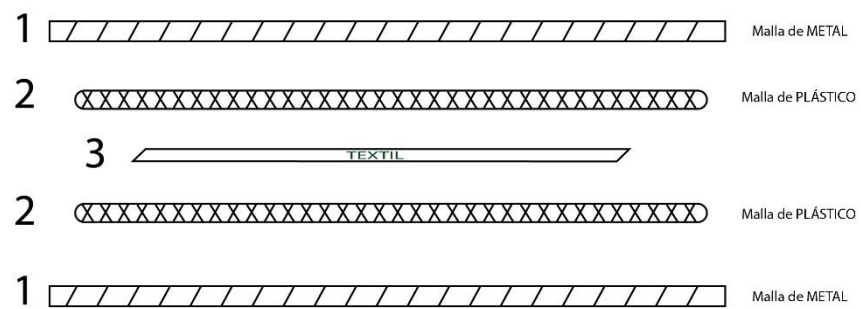
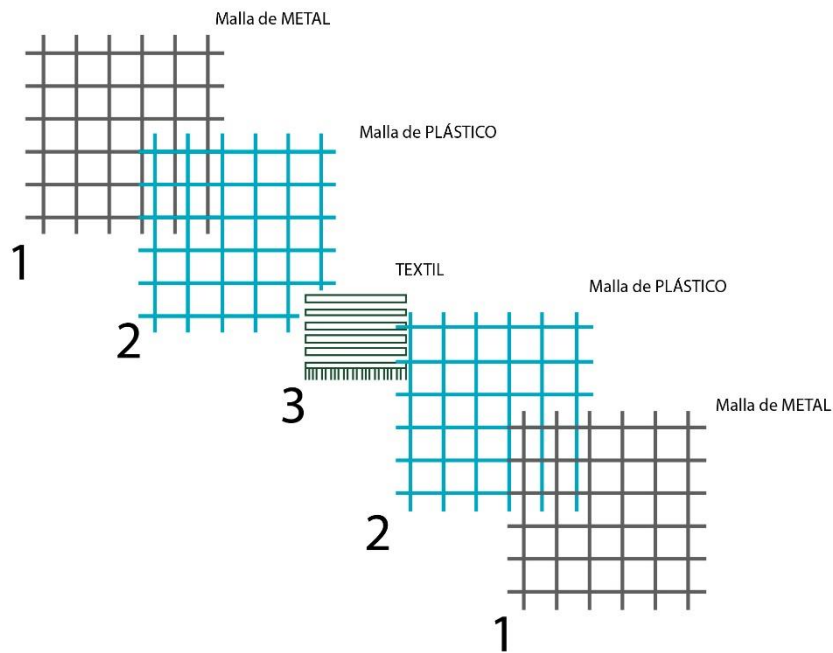


Ilustración 100. El siguiente gráfico explica cómo es que se realizó el enmallado para la inmersión del textil, de esta manera evitamos movimientos excesivos que puedan dañar al bien. Fuente: diseñado por Ulises Muñoz Z.



Ilustración 101. Agitación del textil en la solución de agua - saponina para el proceso de lavado. Podemos reconocer la formación de espuma y la eliminación de suciedad por el cambio de color en el agua tornándose más oscura. Fuente: foto propia



Ilustración 102. Retiro de exceso de solución agua - saponina para proceder al enjuague. Fuente: foto propia



Ilustración 103. Medición de pH luego de haber realizado el lavado con saponina, podemos ver que ha habido un cambio considerable llegando a un pH neutro. Fuente: foto propia



Ilustración 105. Procedemos a hacer el enjuague dos veces bajo el mismo procedimiento de enmallado por 5 minutos. Fuente: foto propia



Ilustración 104. Al final se procede a retirar el exceso de agua y el secado del textil. Fuente: foto propia



Ilustración 106. En la siguiente imagen podemos ver el anverso y reverso del textil ya limpio y seco. Las fibras han recuperado su elasticidad natural borrándose las ondulaciones, esto puede deberse a que las fibras de pelo de camélido tienen una capacidad amplia de absorción de la humedad, de esta manera recuperan su flexibilidad.. Se puede apreciar mejor los colores de la iconografía, en detalle las uñas de la parte de las patas de los auquénidos son de un tono más claro que el cuerpo, la franja tiene una mejor visión, así como la lectura general. Fuente: foto propia

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación es determinar si la saponina de la quinua es una alternativa idónea en cuanto su uso como jabón en el lavado de la fibra textil durante los procesos de conservación y restauración según sea necesario. Dicho objetivo ha sido cumplido de manera satisfactoria traducida en las siguientes conclusiones:

1. Existen diferentes métodos para la extracción de saponina de quinua, sin embargo, no todas ellas cumplen con los parámetros idóneos para la realización del jabón, ya que, muchas de ellas rompen con los granos haciendo mucho más difícil la separación del núcleo con el pericarpio (sección donde se encuentra la saponina).
2. El método idóneo para realizar el jabón en un laboratorio básico es por medio del método húmedo. Mediante este procedimiento se concluye la hidratación de la quinua por un mínimo de 15 minutos, así como su frotación para la obtención de la saponina.
3. Mediante la prueba de espectrofotometría se determinó la concentración de saponina de los 4 tipos de quinua que se usaron para el lavado de fibras obteniendo resultados favorables con la quinua A2 perteneciente a la Quinua Real de Cusco.
4. En la quinua A2 podemos ver un mejor rendimiento en la primera lavada, quiere decir que tiene una mejor saponina en comparación con los demás tipos. En el primer lavado con A2L1, el 75% de las fibras resultaron estar

limpias. El porcentaje de fibras limpias según el número de lavados fue en aumento llegando a un 90% de las fibras limpias.

5. La concentración de saponina no determina la calidad de esta, por lo tanto, no asegura que se realice un lavado eficiente. Por tal motivo, se deben realizar las investigaciones correspondientes para los nuevos tipos de quinua a usar que no se hayan mencionado en esta investigación.
6. Para la realización del jabón, se deben hacer pruebas de pH a todas las soluciones y solutos para procurar una titulación adecuada a la hora de neutralizar el producto.
7. La neutralización es efectiva con el uso del proceso de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, proceso que tiene un tiempo mínimo de un año en reposo. El pH del neutralizante usado en la prueba, tuvo un nivel de 12,63 pH lo cual garantizaba llegar al equilibrio. Se vertieron 5 gotas de cuentagotas, lo que equivale a 0.25 ml. aproximadamente en 30 ml. de saponina de la muestra A2.
8. Bajo las pruebas en el laboratorio, se concluye que el uso de saponina de quinua como jabón natural, y el estabilizador para el lavado de textiles, es adecuado y factible. De esta manera se demuestra la capacidad de los granos andinos como recurso sostenible para la intervención del patrimonio cultural de soporte textil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benitez, R. (25 de Noviembre de 2016). *Revista Colombiana de Ciencias, Química y Farmacia*. Obtenido de www.farmacia.unal.edu.co
- Amambal, E., & Vega, E. (2017). Efecto molusquicida del liofilizado de saponinas triterpénicas obtenidas de las cáscaras de los frutos de *sapindus saponaria* L. "Choloque" frente a hospederos intermediarios de *fasciola hepática*. Lima, Perú.
- Arenas, L., & Heredia, A. (2017). *Calidad y germinación de semillas de quinua Chenopodium quinoa Wild. Almacenadas artesanalmente por productores*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.
- Bojanic, A. (2011). Quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. *Oficina Regional para America Latina y El Caribe*, 23.
- Burrieza, H., Martinez, L., Avella, M., Kobayashi, K., & Maldonado, S. (2013). El grano de quinua y las dehídrinas. *Ciencia y tecnología de los cultivos industriales*, 17-18.
- de Lucas, J. (2013). Descripción, propiedades y características de la lana. *FESC - UNAM*.
- de Lucas, J. (2013). Descripción, propiedades y características de la lana. *FESC - UNAM*.
- de Lucas, J. (2013). Descripción, propiedades y características de la lana. *FESC - UNAM*.
- Desrosiers, S. (19 de Enero de 1992). *Revista andina cbc*. Obtenido de <http://www.revistaandinacbc.com/wp-content/uploads/2016/ra19/ra-19-1992-01.pdf>
- ECURED. (2020). *ECURED*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Galactosa>
- Elvira, M. (2010). De qué está hecha la lana y sus principales características textiles.
- Foy, E., Mac Donald, D., Cuyos, M., & Dueñas, R. (2005). Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*. *Biotempo*, 35.
- Gamez, O., Vilasó, J., Aguilera, I., Pérez, R., & Ábalos, A. (Septiembre de 2013). *Validación por verificación del método colorimétrico de la antrona para la cuantificación de ramnolípidos*. Obtenido de Revista Cubana de Química: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543736004.pdf>

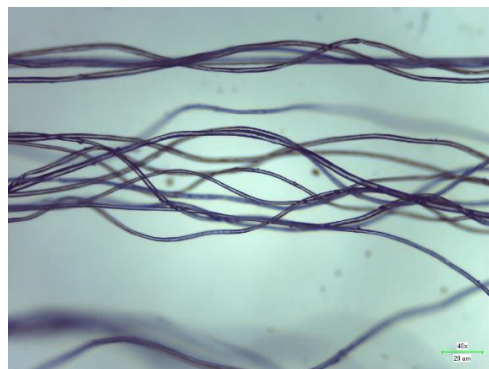
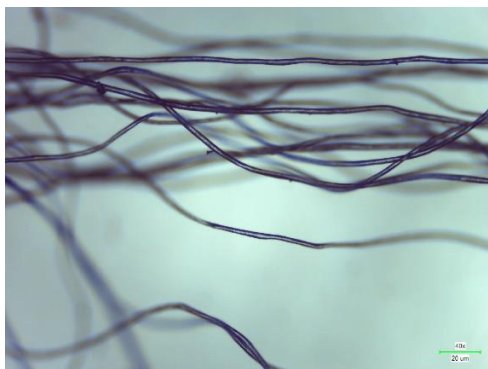
- Garcia, M. A., Plaza, N., Carvajal, D., Ferreira, S., & Parra, J. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) en relación con el suelo y el clima: una revisión. 241 - 249.
- Gestion*. (31 de Diciembre de 2016). Obtenido de <https://gestion.pe/tendencias/saponina-quinua-peruana-ingrediente-cosmetica-125566>
- Gomez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gonzales, A., & Prado, F. (2013). Quinua: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su manejo y aprovechamiento. *Ciencia y tecnología de los cultivos industriales*, 5.
- González de Holguín, D. (1989). *Centro de Documentación de Bienes Patrimoniales*. Obtenido de <https://www.tesauroregional.cl/terminos/1399>
- Hernandez, A., & Hermosilla, V. (Julio de 2014). Efectos de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extracto de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hostettmann, K., & Marston, A. (1995). *Cambridge University*. Obtenido de <https://www.cambridge.org/core/books/saponins/64023883FBF62338B1357E08ACC6AF80>
- Hyperphysics . (s.f.). Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hph.html>
- Jhavier. (s.f.). *Jhavier MG*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/jhaivermg/>
- Leon, J. (2003). Cultivo de la quinua en Puno - Perú: descripción, manejo y producción. 18.
- Mujica, A. (2015). El origen de la quinua y la historia de su domesticación. *Tierra Adentro*, 15.
- Nieto, C., & Vimos, C. (1992). La quinua, cosecha y poscosecha. Algunas experiencias en Ecuador. *Estación experimental "Santa Clara"*, 5.
- Parada, R. (s.f.). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/arabinosa/>
- Peralta, E. (1985). La quinua... Un gran alimento y su utilizacion. *Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria*.
- Portilla, A. (1955). La quinua. *Revista de la Facultad de Medicina*.

- Ramos, M. (s.f.). *HSN BLOG*. Obtenido de <https://www.hsnstore.com/blog/que-son-las-saponinas/>
- Sánchez, J., Orta, R., & Muñoz, B. (2001). Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía costarricense*, 70-71.
- Sanjuan, L. (19 de Septiembre de 2017). *Deporte y vida*. Obtenido de https://as.com/deporteyvida/2017/09/19/portada/1505799460_517036.html
- Soto, J., Valdivia, E., Cuadros, A., & Bravo, R. (29 de Agosto de 2012). *Revistas Bolivianas*. Obtenido de <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n3/v2n3a07.pdf>
- Tapoa, M., Canahua, A., & Severo, I. (2014). Las razas de quinua en el Perú. Perú.
- Tarqui, V. (13 de Octubre de 2011). *Andina*. Recuperado el 16 de Octubre de 2018, de <https://andina.pe/agencia/noticia-quinua-25-tipos-y-colores-procedentes-puno-es-sensacion-mistura-377669.aspx>
- Triosi, J. (2014). Saponinas. *Estado del arte de la quinua*, 724.
- UBA. (s.f.). *Botánica*. Obtenido de <https://botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/Vegetales/6666/Monocotiledon easyDicotiledoneas.html>
- Universidad del País Vasco. (s.f.). *Curso de Biomoléculas*.
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/6854/7/9789584452610_Parte3.pdf
- Vicente, G. (2013). *Extracción, cuantificación, purificación de saponinas de semillas de Chenopodium quinoa Willd provenientes del norte argentino*. Cordova.
- Villacis, C. (2018). *Estudio para la extracción y purificación de saponinas a partir del mojuelo de quinua como una posible alternativa a la disponibilidad de tensoactivos de origen natural*. Latagunca: Universidad de las Fuerzas Armadas.

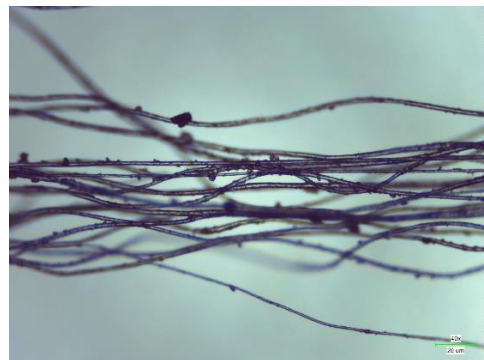
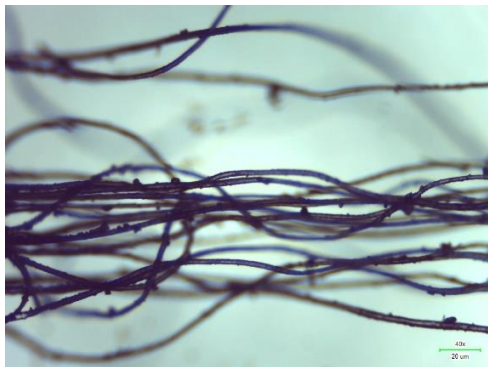
ANEXOS

ANEXO A. A continuación, se muestra las fibras de pelo de auquénido antes y después de su lavado con las distintas muestras de saponina de quinua usadas en las pruebas de laboratorio. Los resultados se ven traducidos en la tabla 11.

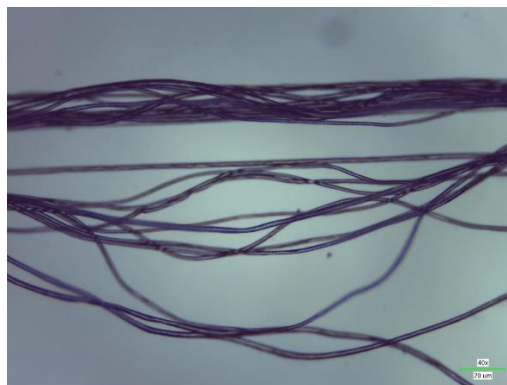
Muestra A1L2 – Segundo lavado con saponina



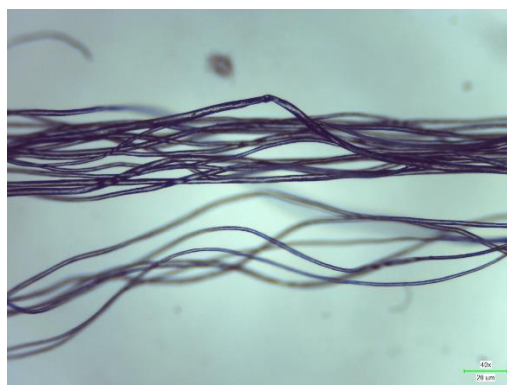
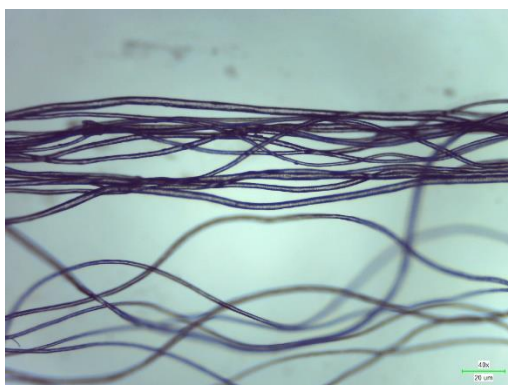
Muestra A2 – Antes del lavado con saponina



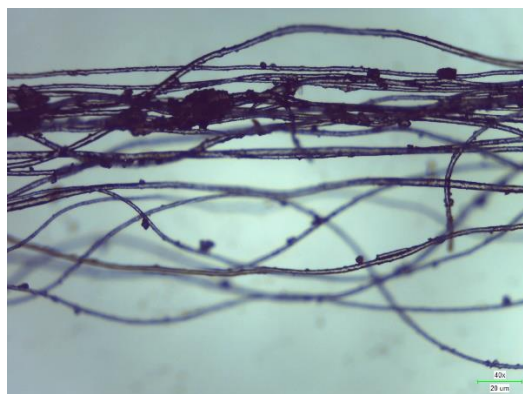
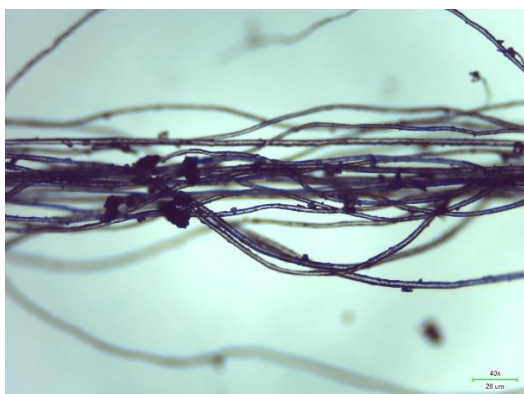
Muestra A2L1 – Primer lavado



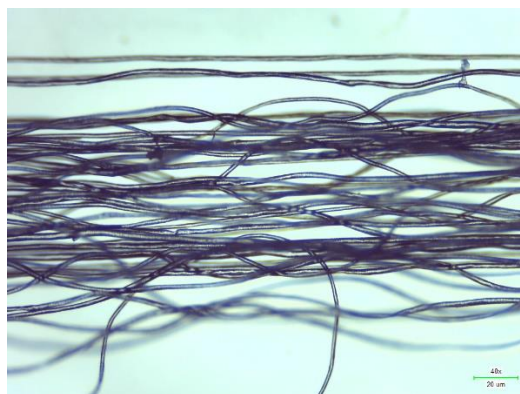
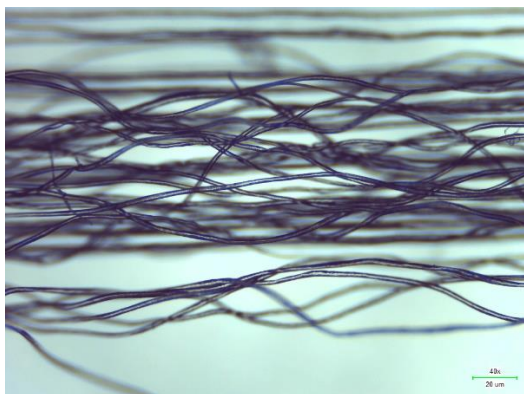
Muestra A2L2 – Segundo lavado con saponina



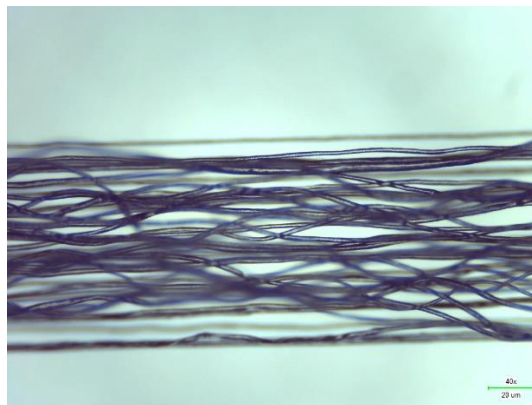
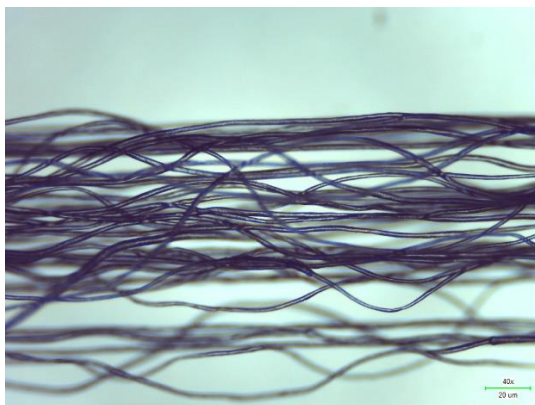
Muestra A3 – Antes de lavado con saponina



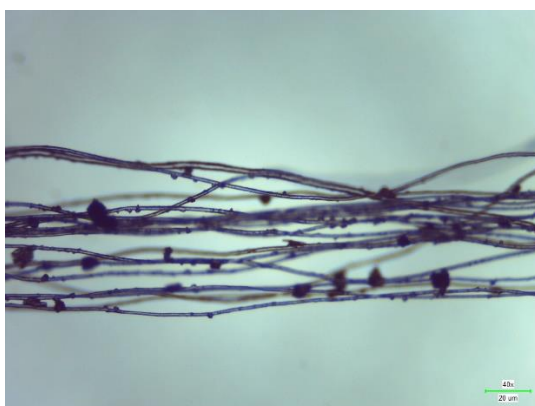
Muestra A3L1 – Primer lavado con saponina



Muestra A3L2 – Segundo lavado con saponina



Muestra A4 – Antes del lavado con saponina



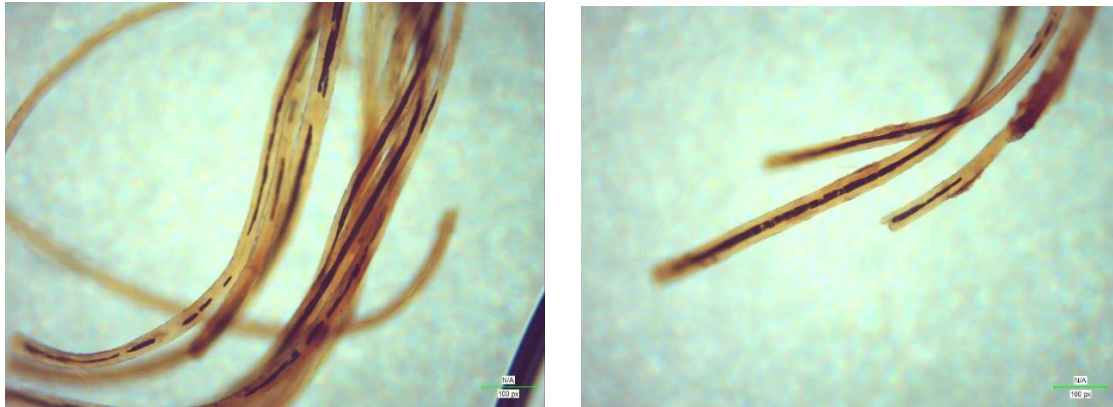
Muestra A4L1 – Primer lavado con saponina



ANEXO B. Vista en microscopio electrónico de las fibras de pelo de auquénido provenientes del textil usado para las pruebas de lavado con la muestra A2 de saponina. Muestra de fibra de pelo de auquénido de color oscuro sin lavar.



ANEXO C. Vista en microscopio electrónico de las fibras de pelo de auquénido provenientes del textil usado para las pruebas de lavado con la muestra A2 de saponina. Muestra de fibra de pelo de auquénido de color claro sin lavar.




ANEXO D. Vista en microscopio electrónico de las fibras de pelo de auquénido provenientes del textil usado para las pruebas de lavado con la muestra A2 de saponina. Muestra de fibra de pelo de auquénido de color oscuro al lado izquierdo y color claro al lado derecho, después del lavado.



ANEXO E. Las pruebas en laboratorio correspondientes a la identificación de la concentración de saponina a través de la espectrofotometría, se realizaron gracias a la colaboración del licenciado Christian Emilio Cancho Ccaico. Dichas pruebas se ejecutaron en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

ANEXO F. Ficha de registro utilizado para los apuntes correspondientes al textil antes de realizar la intervención.

FICHA DE DIAGNÓSTICO				
INVENTARIO Y CATALOGACIÓN:		N° DE INVENTARIO		
OBJETO:		UNMSM	TX	1
ESPECIFICACIONES:		12/03/2020		
MEDIDAS				
PESO:		DIMENSIONES	LARGO:	
			ANCHO:	
CARACTERÍSTICAS				
FIBRA:	Algodón	TORCIÓN:		
PROCEDENCIA:				
ESTADO DE CONSERVACIÓN				
				
DESCRIPCIÓN:				
ANÁLISIS TÉCNICO:				
ESTADO DE CONSERVACIÓN				

GLOSARIO

Agliconas

Se presenta bajo la forma de alcohol, fenol o alguna sustancia que contenga nitrógeno y azufre. Puede verse en forma esteroidal ligada por el carbono C3 por medio de un enlace étereo o cadena lateral de azúcares.

Son sustancias no reductoras que por hidrólisis ácida o enzimática dan uno o más azúcares y un componente no azucarado llamado aglicona o genina. Desempeñan funciones muy importantes en los seres vivos y una gran cantidad de los glicósidos que producen las plantas se emplean como medicamentos (Universidad del País Vasco, s.f.)..... 49

Antrona

Es una cetona aromática tricíclica. En los ensayos colorimétricos se emplea para determinar azúcares solubles en la muestra como son los tejidos vegetales, productos biofarmacéuticos, muestras de factor de transferencia (Gamez, Vilasó, Aguilera, Pérez, & Ábalos, 2013). 58

Arabinosa

Monosacárido de cinco átomos de carbono, que posee un grupo funcional aldehído en su estructura. Su nombre deriva de la goma arábiga ya que fue aislado por primera vez de esta resina. Como azúcar, es exclusivo de los vegetales representando del 5 al 10% de los sacáridos de la pared celular. (Parada, s.f.)..... 49

Dicotiledoneas

Son una clase de plantas fanerógamas angiospermas, cuyos embriones de las semillas presentan dos cotiledones y hojitas iniciales usualmente opuestas. Son plantas con flor, menos desarrolladas que las monocotiledoneas. El embrión emite dos cotiledones (u hojas promordiales) para proporcionarse alimento, no llegan a transformarse en hojas adultas. Las hojas suelen tener nervaduras retinervadas y presentar formas muy variadas desde acorazonadas hasta acintadas (UBA, s.f.). 58

Galactosa

Azúcar simple o monosacárido (de la familia de las hexosas presente en las legumbres, las pectinas, el agar y otros muchos alimentos) formado por seis átomos de carbono o hexosa, que se convierte en glucosa en el hígado como aporte energético. Se encuentra principalmente en el leche y otros productos lácteos. Es una aldosa de seis carbonos, con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. El peso molecular es 180 g/mol. Esta fórmula es la misma de otros azúcares, como la glucosa o la fructosa. (ECURED, 2020) 49

Glucosa

Monosacárido o azúcar simple la cual se compone de 6 moléculas de carbono, 12 de hidrógeno y 6 de oxígeno. La glucosa es uno de los productos principales de fotosíntesis y comienzo respiración celular en ambos prokaryotes y eukaryotes. También lleva el nombre de dextrosa. es una de las principales moléculas que sirven como fuentes de energía para las plantas y los animales. Se encuentra en la savia de las plantas y en el torrente sanguíneo humano, donde se conoce como "azúcar en la sangre". La concentración normal de glucosa en la sangre es de aproximadamente 0,1%, pero se vuelve mucho más alta en personas que sufren de diabetes. (Hyperphysics , s.f.) 49

Grupos carboxilos

El grupo carboxilo o grupo carboxi es un grupo funcional con la estructura (-COOH). Es el resultado de la unión de un grupo carbonilo y un grupo hidroxilo. El grupo carboxilo está escrito comúnmente como -C (= O) OH o -COOH. Los grupos carboxilo se ionizan mediante la liberación del átomo de hidrógeno del grupo -OH. La H^+ , que es un protón libre, se libera (Jhavier, s.f.). 58